



Escola Tècnica Superior d'Enginyers
de Camins, Canals i Ports de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

PROJECTE O TESIS D'ESPECIALITAT

Títol

**TRANSICION VIA EN PLACA - VIA CON BALASTO
MEDIANTE TRAVIESAS CUADRO
722-TES-CA-4902**

Autor/a

Admetlla Pérez, Núria

Tutor/a

López Pita, Andrés

Departament

Infraestructura del transporte y del territorio

Intensificació

Transportes

Data

22-10-10

RESUMEN

TÍTULO: Transición de vía de balasto a vía en placa mediante traviesas cuadro.

AUTOR: Núria Admetlla Pérez

TUTOR: Prof. Andrés López Pita

PALABRAS CLAVE: transición, traviesas cuadro, vía en placa, vía sobre balasto, rigidez vertical, asientos, calidad geométrica

En los últimos años ha surgido la necesidad de mejorar la infraestructura de vía frente a las crecientes cargas de tráfico que debe soportar. Paralelamente a la aparición de la alta velocidad, se propuso el uso de la vía en placa, vía donde el balasto es substituido, en general, por una losa de hormigón.

La transición entre la tradicional vía de balasto y la vía en placa es un punto crítico en las actuales líneas de ferrocarril, ya que debe garantizarse que el paso de un tipo al otro se realice de un modo lo menos agresivo posible.

En la presente tesina se explican cuáles son los elementos principales que forman el emparrillado de una vía, profundizando en la descripción de los elementos y la sección tipo de la vía sobre balasto y la vía en placa. Se ha considerado el uso del sistema de vía en placa Rheda 2000 como sección de referencia.

Se propone realizar un tramo de transición entre los dos tipos de vía en el que se empleen traviesas cuadro. Este tipo de traviesas tienen la particularidad de tener dos traviesas situadas longitudinalmente bajo los carriles, que son unidas, a cada extremo, por una traviesa dispuesta transversalmente en el sentido de la vía, adoptando una forma de rectángulo o doble H. Con esta disposición, se logra una mayor superficie de apoyo a las traviesas, con lo que se garantiza un mejor reparto de las cargas. Además, la propia configuración de las traviesas dota a la vía de una rigidez mayor a la que se logra con las traviesas convencionales.

En el estudio que nos ocupa, se ha realizado en primer lugar una modelización de las traviesas cuadro (en 3D) mediante un programa informático con objeto de hallar la rigidez total de la vía, ya que será el principal parámetro que diferencie las tres tipologías de vía estudiadas. Posteriormente se ha realizado una modelización de las traviesas cuadro como elemento de transición (en 2D) con objeto de estudiar la longitud de la transición necesaria en función de la velocidad. Mediante las teorías de elasticidad de Winkler y la teoría del coeficiente de rigidez del apoyo se obtienen las rigideces verticales del conjunto de la vía en los casos de la vía en placa y la vía sobre balasto.

Aunque esta tesina es solo una primera aproximación al problema, es posible concluir que en términos de viabilidad técnica, las traviesas cuadro son adecuadas para ser propuestas como elemento de transición.

ABSTRACT

Title: Transición de vía de balasto a vía con balasto a vía en placa mediante traviesas cuadro

Author: Núria Admetlla Pérez

Tutor: Prof. Andrés López Pita

Key words: transition, frame sleepers, ballastless track, ballasted track, vertical stiffness, settlements, longitudinal leveling requirements.

In the last years, a need to improve the railway structure has appeared, given the increasing traffic loads to be supported. In parallel with high speed appearance, ballastless track was proposed; this is a kind of track where ballast is generally replaced by a concrete slab.

The transition between ballasted track and concrete track is a critical point for the current high speed railway lines, as it is necessary to ensure that the transition between the structures is as least aggressive as possible.

This thesis discusses the main elements of a general track, describing them, and showing the cross section of a track ballasted and a concrete slab track. The Rheda2000 system has been chosen as the reference section to analyze the concrete slab track.

A frame-sleeper track is proposed as an element of transition. In this track, two sleepers are located longitudinally under the rails and connected to one another by using two sleepers located across them, forming a rectangle or double H shape. Thus, a larger sleeper's support area is gained and the loads are better spread. Moreover, the shape of the frame sleepers provides a higher vertical stiffness compared to standard sleepers' stiffness.

In this a study, a computing model (3D) of frame sleepers is first developed in order to calculate the vertical stiffness, which is one of the most relevant attributes of comparison.

Furthermore, a computing model (2D) of the frame sleepers as an element of transition is developed in order to assess the required length in function of velocity. Taking into consideration both the elasticity Winkler theory and the coefficient of rigidity of the rigid vertical support theory, the vertical stiffness of the ballasted track and the ballastless track are obtained.

Although this thesis is just a first approach to this problem and it would be necessary to carry on further studies, it is possible to conclude that frame sleepers are suitable as an element of transition.

AGRADECIMIENTOS

Al profesor Andrés López-Pita agradecerle su dedicación y apoyo, que confiara en mí para realizar esta tesina.

A mi familia, mis padres en especial, agradecerles su constante apoyo a lo largo de toda la carrera, en particular, en esta recta final.

A todos los que habéis estado a mi lado, muchas gracias.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.	INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.....	4
1.1.	INTRODUCCIÓN	4
1.2.	OBJETIVOS	4
1.3.	CONTENIDO DEL DOCUMENTO.....	5
2.	ESTADO DEL CONOCIMIENTO	6
2.1.	INTRODUCCIÓN	6
2.1.1.	COMPONENTES DE UNA VÍA	6
2.1.2.	CALIDAD GEOMÉTRICA DE UNA VIA	8
2.1.3.	ESFUERZOS VERTICALES SOBRE LA VIA	10
2.2.	VÍA SOBRE BALASTO.....	16
2.2.1.	EL BALASTO	16
2.2.2.	LAS TRAVIESAS	18
2.2.3.	SUJECCIONES	20
2.2.4.	VENTAJAS DE UNA VÍA SOBRE BALASTO.....	21
2.2.5.	DESVENTAJAS DE UNA VÍA SOBRE BALASTO.....	21
2.2.6.	SECCIÓN TIPO	22
2.3.	VÍA EN PLACA	24
2.3.1.	LOS DIFERENTES TIPOS DE VÍA EN PLACA	24
2.3.2.	EL MODELO RHEDA 2000	27
2.3.3.	COMPONENTES DEL SISTEMA.....	29
2.3.4.	VENTAJAS DEL SISTEMA DE VÍA EN PLACA.....	35
2.3.5.	DESVENTAJAS DEL SISTEMA DE VÍA EN PLACA	37
2.3.6.	SECCIÓN TIPO	38

2.4.	ELEMENTO DE TRANSICIÓN – TRAVIESAS CUADRO	39
2.4.1.	DESCRIPCIÓN DE LAS TRAVIESAS CUADRO	39
2.4.2.	EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LAS TRAVIESAS CUADRO	41
3.	MODELIZACIÓN TRAVIESAS CUADRO	43
3.1.	ELEMENTOS QUE CONFORMAN LA VÍA	43
3.1.1.	CARRILES.....	43
3.1.2.	TRAVIESAS	44
3.2.	MODELIZACIÓN DEL EMPARRILLADO DE LA VÍA.....	55
3.3.	RIGIDEZ VERTICAL DE LAS TRAVIESAS CUADRO	58
3.3.1.	APLICACIÓN DE LA CARGA POR UN EJE.....	58
3.3.2.	ASIENTOS MÁXIMOS	59
3.3.3.	RIGIDEZ VERTICAL DE LA VÍA.....	60
4.	ESTUDIO DE LA TRANSICIÓN	62
4.1.	TRANSICIÓN VÍA DE BALASTO – VÍA EN PLACA.....	62
4.1.1.	SECCIÓN LONGITUDINAL DE LA TRANSICIÓN	62
4.1.2.	DIMENSIONES PARA CADA ZONA DE LA TRANSICIÓN	65
4.2.	FUNCIONAMIENTO ESTRUCTURAL	67
4.2.1.	RIGIDEZ DE LA INFRAESTRUCTURA DE LA TRANSICIÓN	68
4.2.2.	RIGIDEZ VERTICAL DEL CONJUNTO DE LA VÍA EN CADA PUNTO	72
5.	MODELIZACIÓN DE LA TRANSICIÓN	76
5.1.	MODELIZACIÓN DE LA TRANSICIÓN.....	76
5.1.1.	DISPOSICIÓN DE LAS CARGAS	76
5.1.2.	PRIMERA MODELIZACIÓN	77
5.1.3.	SEGUNDA MODELIZACIÓN	79
5.1.4.	TERCERA MODELIZACIÓN.....	80

5.1.5.	RESULTADOS PARA OTRAS VELOCIDADES	82
5.1.6.	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.....	83
6.	CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES PARA FUTUROS TRABAJOS.....	85
6.1.	CONCLUSIONES	85
6.2.	RECOMENDACIONES PARA FUTUROS TRABAJOS	86
	BIBLIOGRAFIA.....	85
	Índice de Tablas.....	90
	Índice de Figuras	92

APÉNDICE 1: RESULTADOS SAP

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1. INTRODUCCIÓN

Desde inicios del siglo XIX ha ido aumentando la necesidad de una infraestructura que soportara el elevado peso de los convoys ferroviarios, con tal de que las traviesas no penetraran en el terreno. Hasta mediados del siglo XX, la capa de balasto era la única opción que se planteaba con tal de reducir las tensiones sobre la plataforma.

La velocidad punta del ferrocarril no ha parado de aumentar desde sus inicios hasta llegar al desarrollo de lo que se conoce hoy en día como ALTA VELOCIDAD. Este nuevo modo de transporte tiene unas mayores necesidades a nivel de infraestructura que el ferrocarril a velocidad convencional, lo que obliga a que la vía ferroviaria esté en constante evolución.

La vía tradicional sobre balasto es ciertamente una buena solución tanto en términos técnicos como económicos. Sin embargo, la necesidad de batear la vía hace que requiera operaciones de mantenimiento muy frecuentes. La vía en placa, que apareció con el desarrollo de la alta velocidad en Japón, supone una evolución que engloba tanto la superestructura como la infraestructura de la vía ya que el balasto y las traviesas pasan a trabajar monolíticamente formando un único conjunto. Esta novedad añade rigidez a la vía y es menos restrictiva en cuanto a asientos y vibraciones, pero permite reducir el mantenimiento de la vía.

Ahora bien, con la aparición de este nuevo tipo de vía aparecen puntos críticos en las actuales líneas de ferrocarril en la transición de vía sobre balasto a vía en placa, ya que hay un cambio brusco de rigidez entre ambas tipologías de vía. En la presente tesina se propone el uso de las traviesas cuadro como elemento de transición con objeto de permitir un cambio gradual de la rigidez en el paso de una vía a otra.

1.2. OBJETIVOS

En la tesina que nos ocupa se pretende realizar una primera aproximación al problema, ya que no existe ningún documento que implemente el uso de las **traviesas cuadro** como elemento de **transición** entre la vía en placa y la vía sobre balasto. Es importante remarcar que el objetivo de este trabajo es el de analizar la **viabilidad técnica** del uso de las traviesas cuadro como transición, sin entrar en estudios de costes dejando el análisis del impacto económico de dicha opción para futuros trabajos.

Se realizará un estudio de los tres tipos de vía, describiendo en profundidad los elementos que las forman con tal de entender el problema. Debido a la diferencia de rigidez de los materiales empleados en la vía en placa y la vía sobre balasto los esfuerzos solicitantes y el comportamiento de ambas tipologías de vía ante ellos son muy diferentes, por lo que las zonas de transición pasan a ser puntos críticos.

El objetivo de la tesina es presentar el uso de traviesas cuadro (que dotan a la vía de una rigidez mayor a la obtenida con traviesas convencionales, pero inferior a la que se logra con la vía sobre balasto), como elemento de transición. Para ello, se modeliza la transición con el

programa SAP 2000 con tal de obtener los asientos que se producen sobre la plataforma al paso de un convoy convencional.

1.3. CONTENIDO DEL DOCUMENTO

A continuación de forma breve y resumida un resumen de los distintos capítulos que están incluidos en el documento:

- Capítulo 2: Estado del Conocimiento

Se definen las distintas partes que componen el conjunto de la vía, y se calcula la sollicitación que causa la circulación de los vehículos ferroviarios. Seguidamente se presentan por separado la definición de las tres tipologías de la vía que se tratarán en el presente trabajo: vía sobre balasto, vía en placa y vía con traviesas cuadro.

- Capítulo 3: Estudio traviesas cuadro

Se modelizan mediante el programa informático SAP 2000 las traviesas cuadro, que se usaran posteriormente como elemento de transición, para evaluar su comportamiento y hallar el valor de la rigidez total de la vía.

- Capítulo 4: Estudio de la transición

Se describe como se propone realizar la transición, y que longitud se usará en cada tramo en función recomendaciones extraídas de la bibliografía utilizada. Se definen las propiedades de cada tramo que serán usadas en el capítulo siguiente para modelizar la transición.

- Capítulo 5: Modelización de la transición

Se modeliza la zona de transición en 2D mediante el programa informático SAP 2000 obteniendo unos primeros resultados.

- Capítulo 6: Conclusiones y recomendaciones para futuros trabajos

Se extraen conclusiones de la realización de la tesina y se sugieren futuras líneas de investigación.

2. ESTADO DEL CONOCIMIENTO

En este capítulo se explican los dos tipos de vía que existen actualmente en los principales ejes ferroviarios, la vía sobre balasto y la vía en placa. Posteriormente, se presentarán las principales características de las traviesas cuadro, que son el elemento que se empleará para la transición entre ambas tipologías de vía.

En primer lugar, se describen los elementos que forman la vía. A continuación, se exponen por separado la vía sobre balasto con sus principales características y su método de construcción. Seguidamente se realiza lo mismo con la vía sobre placa.

En segundo lugar, se describe el conocimiento actual sobre las traviesas cuadro, que es el elemento que se propone para realizar la transición entre la vía sobre balasto y la vía sobre placa.

2.1. INTRODUCCIÓN

En la presente tesina el punto de partida sobre el cual se obtendrán resultados es la plataforma. Debido a la diferente rigidez de los materiales empleados los esfuerzos solicitantes en uno y otro caso son diferentes. Por este motivo, las zonas de transición tienen una vital importancia ya que del mismo modo que las solicitaciones llegan de modo diferente sobre la plataforma también los efectos sobre los carriles son distintos afectando de modo directo a la calidad geométrica de la vía.

2.1.1. COMPONENTES DE UNA VÍA

La configuración general de una vía se describe como un emparrillado formado por carril, traviesa y sujeción que se apoya en un lecho elástico constituido por el balasto y la plataforma. [1]

En una vía de ferrocarril existen dos partes bien diferenciadas, la infraestructura y la superestructura. Lo que se conoce como infraestructura está formado principalmente por el balasto más que por la plataforma. Por otra parte, la superestructura está formada por el carril y las traviesas.

Tal y como se puede observar en la siguiente Figura 2.1.1, la **infraestructura** tiene la configuración típica siguiente para las líneas de alta velocidad. Además, el espesor de las capas varía en función de las necesidades de la vía y también del país, ya que cada administración ferroviaria tiene unas configuraciones diferentes adaptadas a sus necesidades.

- **Balasto:** es la capa superior de material rodante, de unos 35 cm de espesor, que está en contacto directo con las traviesas.
- **Subbalasto:** capa compuesta por una mezcla de balasto, grava y arena situada inmediatamente bajo el balasto y sobre la plataforma de la vía, con la función de evitar

daños a la plataforma por erosión, drenar el agua de la lluvia y mejorar el reparto de cargas.

- **Plataforma:** es la base para el camino de rodadura del ferrocarril sobre el cual se asienta la superestructura.

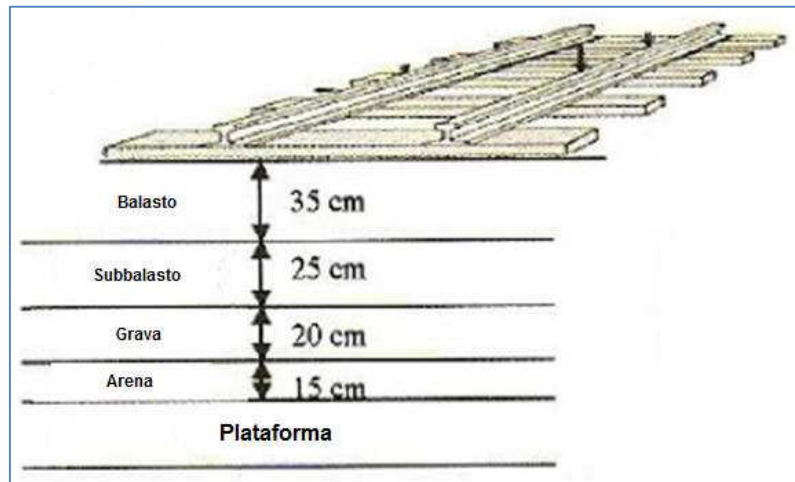


Figura 2.1.1: Configuración típica de la infraestructura, extraído de [1]

Por su parte la superestructura la forman el conjunto de los siguientes elementos tal y como se muestra en la Figura 2.1.2

- **Carril:** es el encargado de soportar directamente el paso de los vehículos, tiene un peso de 60 kg/ml. Las partes que forman el carril son el patín, el alma y la cabeza.
- **Sujeción:** hay distintas tipologías y es el elemento que permite la fijación de los carriles a las traviesas. Hay dos por traviesa, y cuatro por carril.
- **Placa de asiento:** es un elemento elástico que se sitúa entre la traviesa y el carril con objeto de dar una mayor elasticidad vertical al conjunto de la vía. (Figura 2.1.3)
- **Traviesa:** es el elemento vital de soporte sobre el cual descansan los carriles, su función es mantener el ancho de la vía a lo largo de la traza, fijando los raíles, así como transmitir los esfuerzos que se producen en el balasto.
- **Suela elástica:** es también un elemento elástico que se coloca bajo las traviesas con tal de modificar la rigidez de la vía y darle una mayor elasticidad. Se utiliza en viaductos cuando es necesario dotar de mayor elasticidad a la vía para disminuir su deterioro.
- **Almohadilla elástica:** se coloca bajo el balasto con tal de modificar la rigidez de la vía y darle una mayor elasticidad. Tiene un uso similar al de las suelas elásticas.

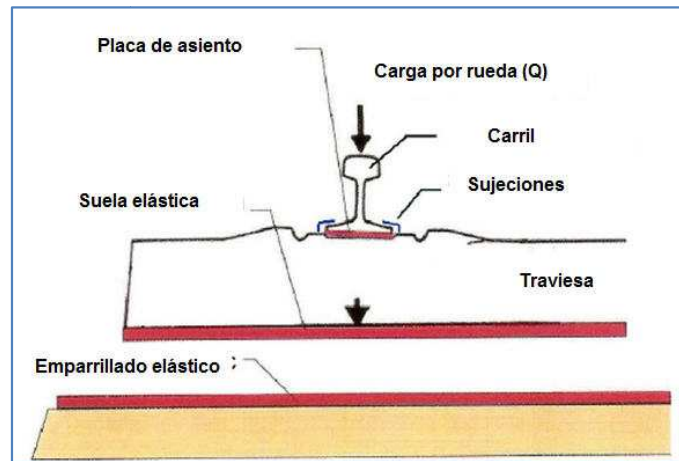


Figura 2.1.2: Configuración típica de la superestructura, extraído de [1]

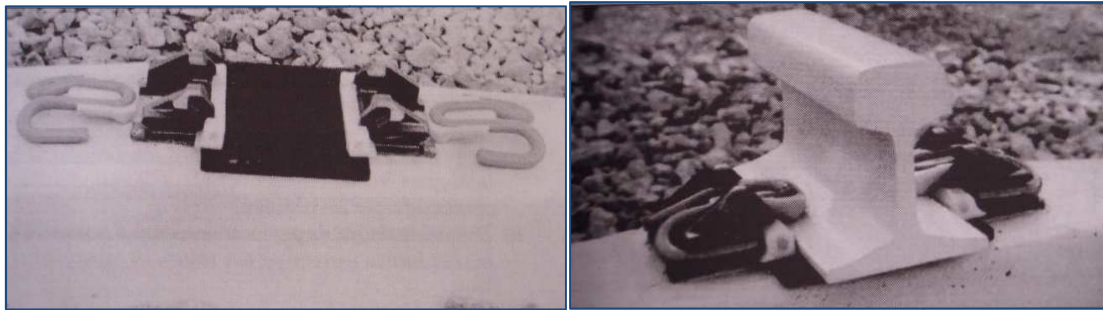


Figura 2.1.3: Placa de asiento elástica y carril ya fijado a la traviesa, extraído de [1]

2.1.2. CALIDAD GEOMÉTRICA DE UNA VIA

Cuando un vehículo circula a lo largo de una vía, dispone de seis grados de libertad que se corresponden con los desplazamientos según sus tres ejes: vertical, transversal y horizontal, así como con los giros respecto de los mismos ejes. Los citados desplazamientos no tienen una denominación especial, pero sí los giros, que reciben los nombres de **galope** (eje horizontal), **balanceo** (eje longitudinal) y **lazo** (eje vertical) respectivamente. En la Figura 2.1.4 se muestra un esquema de los movimientos que se producen en un vehículo ferroviario.

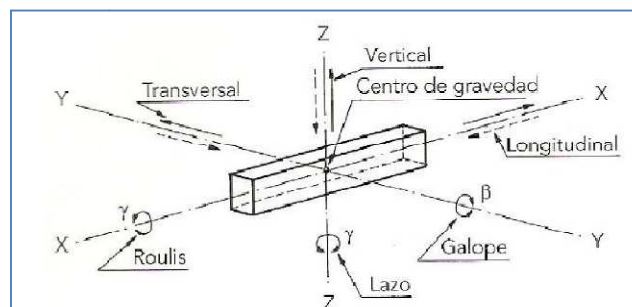


Figura 2.1.4: Esquema de movimientos de un vehículo ferroviario, extraído de [1]

Como consecuencia de estos desplazamientos y giros se produce sobre la vía un conjunto de sollicitaciones donde cada uno de estos esfuerzos tiene una incidencia práctica para el

dimensionamiento de la vía. Los esfuerzos verticales constituyen el criterio de base para el diseño de los componentes de la traza, mientras que los esfuerzos transversales permiten determinar la velocidad máxima de circulación de los vehículos y finalmente, los esfuerzos longitudinales pueden ocasionar el pandeo vertical u horizontal de la vía.

En relación con la calidad de la vía, como camino de rodadura, es posible obtener información suficiente si se conocen y cuantifican la magnitud de los siguientes parámetros (Figura 2.1.5):

- **Nivelación longitudinal:** Parámetro que define las variaciones de cota de la superficie de rodadura a cada hilo de carril, respecto a un plano de comparación.
- **Nivelación transversal:** Parámetro que establece la diferencia de cota existente entre las superficies de rodadura de los hilos de carril en una sección normal al eje de la vía.
- **Ancho de vía:** Parámetro que determina la distancia existente entre las caras activas de las cabezas de los carriles, a 14mm, por debajo de la superficie de rodadura.
- **Alineación:** Parámetro que, para cada hilo de carril, representa la distancia en planta respecto a la alineación teórica.
- **Alabeo:** Parámetro que representa la distancia existente entre un punto (P) de la vía y el plano formado por otros tres puntos (ABC). Tiene incidencia sobre posibles descarrilamientos.

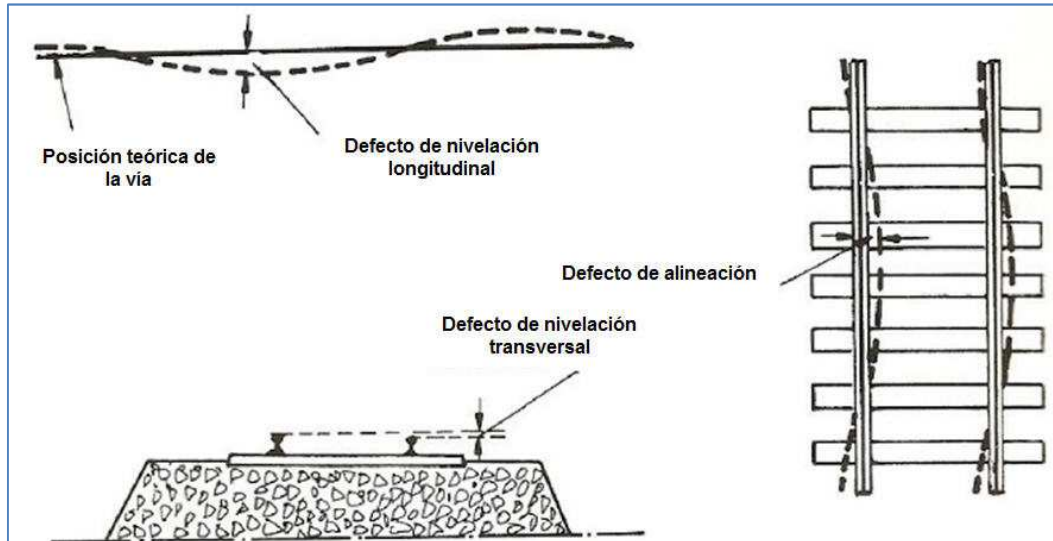


Figura 2.1.5: Defectos de nivelación longitudinal, transversal y de alineación, extraído de [1]

La cuantificación de estos parámetros es la que permite analizar la calidad de una vía cuando se hace referencia a temas de comodidad, seguridad y confort. Por eso, tanto en condiciones de construcción como de conservación cada gestor ferroviario exige unas tolerancias máximas relacionadas con cada uno de estos cinco factores.

2.1.3. ESFUERZOS VERTICALES SOBRE LA VÍA

Visto que los desplazamientos verticales constituyen el criterio de base para el diseño de los componentes de la vía, en el presente apartado se caracteriza y cuantifica cual es el esfuerzo producido sobre dicho eje, que dado el nivel de explotación actual de las líneas es el que produce el *tráfico ferroviario de viajeros*.

El tipo de convoys que circulan por las líneas de alta velocidad se caracterizan por ser punteros en lo que prestaciones y tecnología se refiere cuando se habla de trenes. En función de la casa comercial que suministre el tren, las prestaciones que ofrecen son muy similares entre sí pero lo que cambia en algunos casos es la tecnología.

Para poder determinar una carga tipo a efectos de analizar la problemática en zonas de transición, se ha escogido como convoy tipo el modelo de la casa comercial **Talgo 350 EMU** (Figura 2.1.6). Este tren de la firma vasca conjuga las máximas prestaciones con la famosa tecnología Talgo pendular. Además se trata de un convoy que a nivel internacional está siendo utilizado actualmente por Renfe en la línea que une Madrid y Barcelona.



Figura 2.1.6: Dibujo esquemático y vista del Talgo 350 EMU, extraído de [6]

Las principales características de este modelo son las que se muestran en Tabla 2.1.1. Respecto a su predecesor, el Talgo 250 EMU, ofrece mejoras en los siguientes aspectos:

- optimo diseño aerodinámico
- elevada redundancia de los equipos de tracción y auxiliares
- paliers¹ monoeje entre cajas y paliers con ruedas independientes
- sistema de guiado de ángulo cero
- cajas de los coches apoyadas en tres puntos
- ligereza de peso, pendulación natural y butacas giratorias.

¹ Los **palieres** son los ejes a través de los cuales se transmite el movimiento desde el diferencial a las ruedas motrices. Uno de esos extremos va engarzado por medio de estrías en el planetario correspondiente con el que se hace solidario. El otro extremo encaja en el cubo de la rueda, también solidariamente, para transmitirle su giro

Característica	Valor	Característica	Valor
Potencia instalada	4000W	Ancho de vía	1435mm
Bogie	Bo-Bo	Tracción	Eléctrica
Empate	2.65m	Tractores motrices	2
Longitud tractora	20m	Coches de viajeros	12
Ancho máximo	2.96m	Ejes tractores	8
Altura	4m	Máximo de ejes del tren	21
Velocidad Comercial máxima	330km/h	Peso máximo por eje	17tm
Acc. Lateral máxima en curva	1.2m/s ²	Longitud máxima del tren	200m

Tabla 2.1.1: Características del Talgo 350 EMU, extraído de [6]

Desde los inicios del ferrocarril se tuvo constancia que la velocidad de circulación generaba sobre la vía unas solicitaciones verticales superiores a las cargas estáticas o nominales por eje o por rueda de cada vehículo.

Las distintas formulaciones establecidas al efecto, según las campañas experimentales realizadas en distintas líneas sometidas a la explotación comercial normal, fueron siempre del tipo:

$$Q_d = Q_E \cdot f(V)$$

Ecuación 2.1

Donde Q_d es la carga dinámica por rueda, Q_E la carga estática y $f(V)$ un factor de mayoración que depende exclusivamente de la velocidad.

El profesor *Eisenmann et al. (1969)*, a partir de los resultados obtenidos en campañas de ensayo de los ferrocarriles alemanes, encontró que la distribución de esfuerzos verticales, para una velocidad dada, seguía una ley de tipo normal permitiendo establecer así la relación matemática. En estos ensayos era posible medir las cargas y descargas a las que se veía sometida la rueda en comparación con el valor de la carga estática.

La Ecuación 2.2 es la desarrollada por el profesor Eisenmann, según esta fórmula el factor de mayoración de la carga depende de la velocidad, la calidad de la vía y un factor estadístico que engloba la amplitud del intervalo de excitaciones.

$$Q_d = Q_E \cdot [1 + t \cdot \bar{s} \cdot \varphi]$$

Ecuación 2.2

t: Factor de seguridad estadística		\bar{s} : Factor que depende de la calidad de la vía		φ : Factor dependiente de la velocidad.
t=1	68,3% valores medidos	$\bar{s} = 0,1$	muy buen estado	$\varphi = 1 + \frac{V - 60}{140}$ <p>V en km/h</p>
t=2	95,5% valores medidos	$\bar{s} = 0,2$	buen estado	
t=3	99,7% valores medidos	$\bar{s} = 0,3$	mal estado	

Tabla 2.1.2: Factores de la fórmula de Eisenmann, extraído de [1]

La fórmula de Eisenmann era válida hasta velocidades de 200 km/h. Debido al aumento de la velocidad de explotación de las líneas hasta los 300km/h se tuvo que realizar un ajuste de la expresión matemática de los años 60. Entonces, la nueva fórmula del profesor Eisenmann es la siguiente:

$$Q_d = Q_E \cdot [1 + t \cdot \bar{s} \cdot \varphi], \text{ donde } \varphi = 1 + \frac{V-60}{380}$$

Ecuación 2.3

Es necesario comentar además que el francés *Prud'Homme* también obtuvo una expresión matemática para el cálculo de la sollicitación vertical dinámica sobre el carril. Dejando inicialmente de lado la vía experimental obtuvo los siguientes resultados:

$$\sigma_{\Delta q_{NS}} \approx a \cdot b \cdot V \sqrt{m \cdot K}$$

Ecuación 2.4

Siendo:

- $\sigma_{\Delta q_{NS}}$, sobrecargas dinámicas debidas al peso no suspendido, en toneladas
- $a \approx 0,42$
- b = factor dependiente de los defectos de la superficie del carril
- V = velocidad de circulación

- m = peso no suspendido por rueda de vehículo
- K = rigidez vertical de la vía (toneladas/mm)²

$$\sigma_{\Delta q_S} \approx (0,10 \text{ a } 0,16)Q_N$$

Ecuación 2.5

Siendo Q_N la carga nominal estática por rueda.

Teniendo en cuenta que la distribución de esfuerzos verticales sobre una vía se corresponde con una ley normal, se obtiene:

$$Q_{total} = Q_{estática} + 2\sqrt{\sigma^2 \Delta Q_{NS} + \sigma^2 \Delta Q_S}$$

Ecuación 2.6

Su fórmula da unos valores muy parecidos a los que se obtienen mediante la expresión de Eisenmann. Las consecuencias prácticas de su fórmula invitaban a prestar especial atención en los siguientes puntos:

- Reducir el nivel de defectos admisibles de los carriles
- Disminuir el peso no suspendido de los vehículos
- Disponer de vías con la menor rigidez vertical posible.

En el caso de la rigidez vertical, la tendencia en Alta velocidad no ha sido la de reducir su magnitud, sino todo lo contrario. Debido a que a las líneas de alta Velocidad se les exige una infraestructura de elevada calidad, los valores de rigidez vertical son mayores que en líneas convencionales. Por lo tanto, ha sido necesario, reducir el peso no suspendido de los vehículos en la medida de lo posible, tal y como se muestra en la Tabla 2.1.3.

Material	Masa no suspendida por eje (t)
Vehículo convencional	2,8
Vehículo de alta velocidad	1,4

Tabla 2.1.3: Masa no suspendida por eje de los diferentes vehículos, extraído de [1]

La sobrecarga que se produce con la velocidad es debida a las irregularidades que presentan las ruedas de los vehículos y los carriles y al peso suspendido de los mismos. Dado que cada material tiene una frecuencia de vibración propia, en función de ésta y de su peso se produce la sobrecarga dinámica.

² La **rigidez vertical de la vía** se define como el cociente entre la carga vertical por rueda y el asiento que se produce en el conjunto de la vía.

Queda vista pues la importancia de la calidad geométrica de la vía y la influencia de la rigidez del conjunto de la infraestructura en los esfuerzos producidos sobre la plataforma. Llegados a este punto ya se puede determinar la carga dinámica estándar a la cual se hace referencia en el análisis de las zonas de transición entre vía en placa y balasto.

2.1.3.1. Cálculo de la carga vertical dinámica por rueda

Con tal de realizar el estudio se supone el intervalo de velocidades comprendido entre los 200 y los 350 km/h, dado que este es el rango de velocidades comerciales que ofrece la alta velocidad.

La carga estática tipo viene dada por el convoy **Talgo 350 EMU**, que tiene un peso máximo de 17t por eje. Por lo tanto, el **peso estático por rueda** es de **8,5t**.

A partir de la fórmula de Eisenmann (Ecuación 2.3) se puede calcular la carga dinámica por rueda que corresponde a cada velocidad, considerando los siguientes valores para los parámetros “t” Y “s”, factor estadístico y estado de la vía respectivamente:

- $t=3$, correspondiendo al 99,7% de los valores medidos
- $\bar{s}=0,1$, considerando que la vía de alta velocidad está en muy buen estado.

La Tabla 2.1.1 muestra la sollicitación que realmente se produce para cada velocidad en el intervalo comprendido entre los 200 y 350 km/h:

V(Km/h)	$Q_E(t)$	f(V)				$Q_D(t) = Q_E(t) \cdot f(V)$	Aumento de carga (respecto carga estática)
		t	\bar{s}	φ	$[1 + t \cdot \bar{s} \cdot \varphi]$		
200	8,5	3	0,1	1,368	1,41	11,99	41%
250	8,5	3	0,1	1,500	1,45	12,33	45%
300	8,5	3	0,1	1,632	1,49	12,67	49%
350	8,5	3	0,1	1,763	1,53	13,01	53%

Tabla 2.1.4: Cargas dinámicas para cada velocidad, elaboración propia.

Como se puede observar, para una velocidad de 200 km/h el aumento de carga es del orden del 41% mientras que para los 350 km/h alcanza un valor superior al 50% de la carga estática.

2.1.3.2. Área de influencia de una carga

Dado que las traviesas están separadas una distancia de 60cm, la acción de una rueda se puede asimilar a la de una carga puntual. Su distribución a lo largo de la vía tiene una configuración aproximada como la de la Figura 2.1.7, donde la traviesa situada inmediatamente bajo la carga soporta aproximadamente el 40% del esfuerzo vertical total. En total son cinco las traviesas que reciben la acción de la rueda, un 23% de la carga lo reciben las traviesas contiguas a la central mientras que las más alejadas reciben un 7% de la carga cada una.

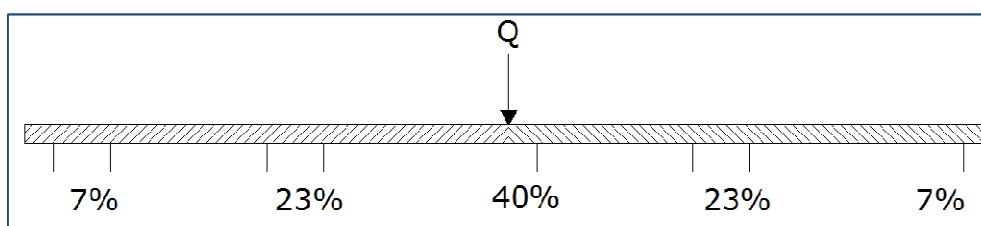


Figura 2.1.7: Distribución de carga vertical en traviesas, extraído de [1]

A partir de la Figura 2.1.7 se puede determinar cuál es el valor de la sollicitación que repercute sobre cada traviesa en un radio de 1,2m, es decir, a dos traviesas desde el origen de la carga.

En la Tabla 2.1.5 se aplica la distribución de la Figura 2.1.7 para la carga estática de 8,5t y las correspondientes cargas dinámicas para cada velocidad des de los 200 a los 350 km/h. Se considera como el origen de coordenadas el punto de aplicación de la carga y cada traviesa a una distancia de 60cm.

V(Km/h)	Carga Q(t)	Carga (t) en función de la posición de la traviesa				
		-1,2(m)	-0,60(m)	0(m)	0,60(m)	1,2(m)
0	8,5	0,595	1,955	3,4	1,955	0,595
200	11,99	0,8393	2,7577	4,796	2,7577	0,8393
250	12,33	0,8631	2,8359	4,932	2,8359	0,8631
300	12,67	0,8869	2,9141	5,068	2,9141	0,8869
350	13,01	0,9107	2,9923	5,204	2,9923	0,9107

Tabla 2.1.5: Sollicitaciones estáticas y dinámicas sobre las traviesas afectadas en una vía de balasto, elaboración propia.

Las conclusiones que se pueden extraer de la Tabla 2.1.5 es que la carga máxima que tendrá que soportar una traviesa, independientemente del tipo de vía, es de 5,2t para velocidades de 350km/h. Así mismo, para velocidades más bajas, la mínima sollicitación es de 0,84t para las traviesas menos sollicitadas.

Además, hay que tener en cuenta que los ejes de los vehículos están agrupados en bogíes, en el caso del Talgo 350 son del tipo Bo-Bo, por lo tanto se trata de bogíes con 2 ejes cada uno. Dado que la distancia entre ejes, el empate, es de 2,65m, y que las traviesas están separadas una distancia de 60cm, entonces se puede asegurar que las cargas verticales de los ejes no se superponen entre ellas. Este hecho permite que en el momento de realizar el análisis se pueda considerar solo la influencia de un eje del vehículo para el estudio de las sollicitaciones.

2.2. VÍA SOBRE BALASTO

Desde los primeros tiempos del ferrocarril se comprobó que las cargas de tráfico transmitidas a las traviesas producían el hundimiento de estas sobre la plataforma al paso de los vehículos. De este modo, con la introducción de una capa granulométrica de un espesor determinado, se repartían mejor las cargas sobre la plataforma al ser mayor la superficie de transmisión corrigiéndose así la problemática.

2.2.1. EL BALASTO

Como elemento estructural el balasto está formado por un conjunto de partículas de diferente tamaño y forma. Por si mismo, constituye la parte más débil de la vía por su fácil degeneración, producida por las sollicitaciones dinámicas y climáticas a las que se encuentra sometido.

El balasto es pues una capa de material granular que se coloca bajo las traviesas y por lo tanto desarrolla una importante función de resistencia frente a las acciones verticales y transversales, que ejerce el paso de un convoy ferroviario, y frente a las acciones climáticas.

Las partículas que lo conforman tienen un tamaño comprendido entre los 20 y 60mm, según el ábaco granulométrico de la normativa europea. Además, se intenta evitar al máximo la presencia de partículas angulosas, tanto por la dificultad en la operación de bateo como por su tendencia al deslizamiento. Para poder soportar la acción del bateo se necesita una roca suficientemente dura para que no se rompa. Este requerimiento se cumple si la roca origen tiene una resistencia a compresión simple mayor de 1200 kg/cm² según la *Norma del Ferrocarril Español* del año 2000.

Cuando un vehículo se desplaza por la vía se producen simultáneamente los fenómenos de deflexión vertical i levantamiento de la vía que se exponen a continuación:

- **Deflexión vertical:** afecta a una longitud de vía de 3 a 4 metros aproximadamente, su valor máximo bajo el punto de aplicación de la carga oscila entre 1,5 i 2 mm para una carga de 10tn por rueda.
- **Onda de levantamiento:** es el levantamiento de la parte delantera de la vía en la dirección del movimiento, la magnitud es del orden de 1/10 de la deflexión vertical (del orden de 0,15 a 0,20mm)

El golpeo sucesivo de las traviesas sobre el balasto por el paso de cada eje (en un tren de mercancías puede llegar a los 150), sumado al uso de traviesas cada vez más pesadas (de 300 a 380kg) puede ocasionar un rápido deterioro de las partículas de balasto. Para minimizar este deterioro se exige que las partículas tengan un *Coefficiente de los Ángeles*³ (CLA).

³ Coeficiente de los Ángeles: coeficiente que establece la resistencia al desgaste de un árido, ya sea natural o de machaqueo; se establece a partir de la diferencia de peso entre la muestra inicial y el peso

Así pues, las funciones principales del balasto frente a los esfuerzos verticales son las siguientes:

- Contribuir a proporcionar estabilidad y amortiguamiento a la vía con tal de reducir la magnitud de las sollicitaciones dinámicas que ejercen el paso de los vehículos.
- Disminuir el nivel de presiones que llegan a la superficie de la plataforma sobre la cual discurre la vía para evitar, como ya se ha comentado, que se llegue a superar la capacidad resistente del terreno.
- Soportar la abrasión que las partículas puedan tener como consecuencia de su contacto con infraestructuras rígidas como por ejemplo puentes de hormigón.

En la Tabla 2.2.1, se muestran las funciones que deben exigirse a los materiales usados como balasto, incluyendo también las variables de resistencia, tamaño o forma que permiten verificar el mayor o menor cumplimiento de las funciones mentadas.

Para poder cumplir las dos primeras funciones mentadas es necesario un espesor mínimo de la capa de balasto de unos 25 cm y un máximo de 35. El umbral inferior viene determinado por la consecución de los objetivos, con menos espesor no se pueden dar estas funciones, y el umbral superior se establece por la necesidad de limitar los asentamientos de la vía y los defectos geométricos.

En el caso de la abrasión se consigue el objetivo exigiendo al balasto un valor mayor de 15 en el coeficiente Deval⁴.

La operación de mantenimiento más frecuente en el balasto es el bateo mecanizado, se trata de corregir la nivelación de la vía mediante la compactación energética del balasto de bajo las traviesas proporcionándoles una base sólida. Si la consolidación es adecuada entonces la piedra ocupa el menor volumen posible, con lo que permite aumentar el drenaje de la plataforma de la vía.

del material retenido por un determinado tamiz (1,68mm) después de haber sometido esta muestra a un proceso abrasivo mediante bolas de hierro, de peso y número determinados. (León, 2005)

⁴ Coeficiente Deval: determinado por el valor obtenido en el Ensayo Deval, que consiste en introducir 44 piedras de 7 cm que pesan 5 kg, dentro de un cilindro que gira sobre un eje horizontal, pero montado de tal manera que esté inclinado. Se hace girar el cilindro durante 5 horas hasta que de 10000 vueltas. Entonces se pesan el conjunto de materiales disgregados obteniendo "P" en gramos. El coef Deval viene dado por la relación 400/P. (Ingenieros, 1975)

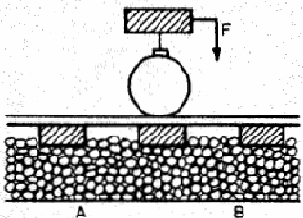
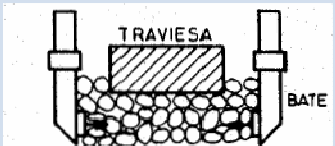

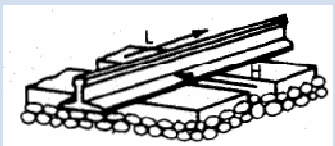
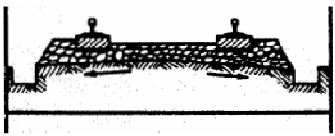
Elemento que desencadena la función	Esquema de actuación	Función del balasto	Factor conmensurable
Acciones Verticales		Proporcionar elasticidad y amortiguamiento	Espesor de balasto
		Resistencia a la abrasión	Coefficiente Deval
		Disminución de presiones sobre la plataforma	Espesor de balasto
		Dimensiones, Dureza	Tamaños granulométricos Resistencia a compresión roca
		Resistencia al Choque	Coefficiente de los Ángeles
Acciones Horizontales		Dimensiones Compactación	Tamaños Granulometría
Acciones Climáticas		Filtración Resistencia al hielo	Granulometría Resistencia a los Sulfatos

Tabla 2.2.1: Esquema de referencia para el establecimiento de las funciones del balasto, extraído de [1]

2.2.2. LAS TRAVIESAS

Las traviesas son el elemento de la superestructura que tiene como objetivo fijar y mantener la posición del carril. Paralelamente los elementos que permiten que se lleve a cabo esta interacción entre carril y traviesa son las **sujeciones**. Existen muchos tipos de sujeciones diferentes ya que cada administración las utiliza como cree más conveniente. Independientemente del modelo que sea, sujetan a cada carril a la traviesa por dos puntos. Las

sujeciones son elásticas y trabajan de modo que fijan el pie del carril sobre la traviesa ya preparada para albergar estos dispositivos.

En los orígenes del ferrocarril en el siglo XIX el material empleado para las traviesas era la madera, ya que sus propiedades físicas y mecánicas, sumado a la abundancia de la materia prima, recomendaban su instalación. El uso del hormigón como material para la construcción de traviesas dejó a las traviesas de madera en un segundo término, ya que el hormigón proporciona una vida útil mucho más elevada, del orden de dos o tres veces la de la madera. Además, mantiene unas condiciones físicas constantes durante su servicio y debido a su mayor peso proporciona una mayor resistencia lateral de la vía frente a los esfuerzos transversales. No obstante su peso, de 180 a 350 kg frente a los 80 kg de la madera, dificulta su manejo.

Existen dos tipos de traviesas de hormigón, las monobloque y las bibloque (traviesa RS). Las monobloque tienen una forma análoga a las traviesas de madera pero fabricadas con hormigón pre o postesado. Por su parte, las RS están formadas por dos dados de hormigón unidos por una riostra.

Las variables más significativas de una traviesa son las siguientes:

- **Dimensiones:** ya que el área de apoyo disponible es un factor a tener en cuenta para deducir las tensiones que se transmiten sobre la capa de balasto.
- **Peso:** contribuye a dar una mayor estabilidad longitudinal y transversal a la vía.

La **Traviesa AI-04** (Figura 2.2.1) es la más utilizada por ADIF en la actualidad para los principales corredores de alta velocidad que están en ejecución o bien recientemente puestos en servicio. Se corresponde al modelo AI-04 EA (UIC-60), se trata de una traviesa de tipo monobloque, de hormigón pretensado y para vías de ancho internacional (1435mm) que utilicen el *carril tipo UIC 60* (60 kg/ml). Algunas características de este tipo de traviesas se explicitan en la Tabla 2.2.2.

Traviesa	Peso	Área	Longitud	Ancho extremo	Ancho centro
AI-04	315 kg	6500 cm ²	2600 mm	300 mm	227 mm

Tabla 2.2.2: Características de la traviesa AI-04, extraído de [5]

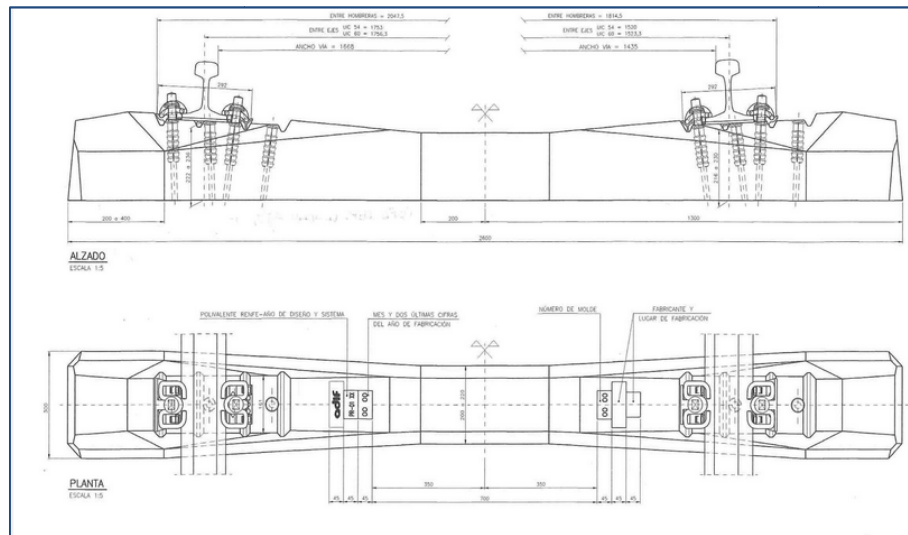


Figura 2.2.1: Alzado y planta Traviesa AI-04, extraído de [5]

2.2.3. SUJECIONES

Las sujeciones son un sistema que garantiza un comportamiento elástico frente a los movimientos verticales. Su principal función es la de aportar un contacto permanente, sin holgura, entre el carril y la traviesa, manteniendo el ancho de vía dentro de unas tolerancias y proporcionar el aislamiento eléctrico adecuado entre carriles.

Las partes principales de las sujeciones son las siguientes (Figura 2.2.2):

- **Placa de asiento:** es el elemento de apoyo. Su función es la de atenuar los impactos, por eso es el elemento elástico por antonomasia. En general tiene una rigidez que oscila entre los 30 y 100 KN/mm.
- **Placa acodada:** es el elemento de choque. Tiene como misión soportar las cargas laterales.
- **Tirafondos:** forma los elementos de anclaje. Transmite el esfuerzo de de apretado del carril a la traviesa a la vez que aísla ambos hilos de carril de la vía.
- **Clip elástico:** es el elemento que actúa de muelle. Tiene un recorrido elástico directamente relacionado con la placa de asiento.

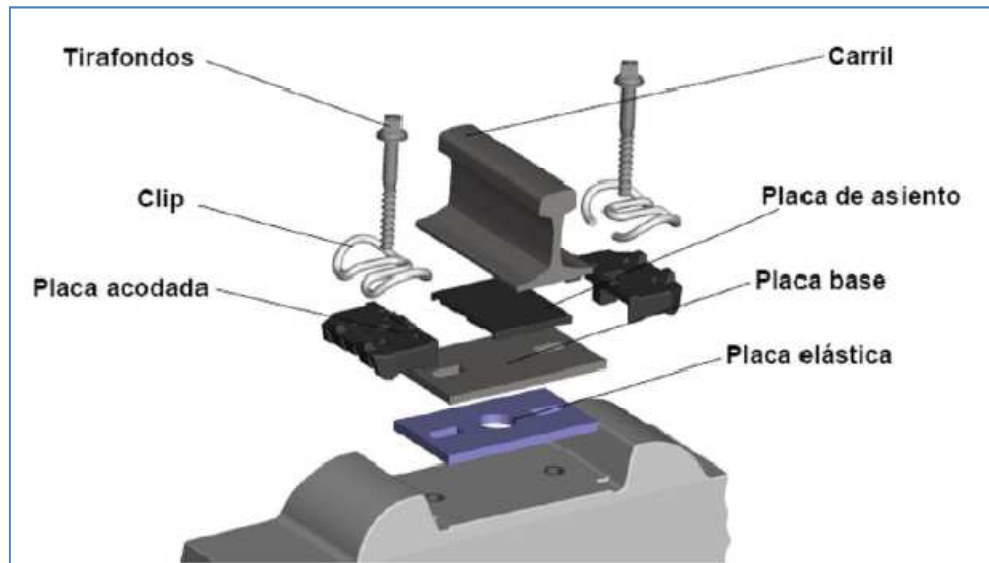


Figura 2.2.2: Elementos que componen una sujeción, extraído de [4]

2.2.4. VENTAJAS DE UNA VÍA SOBRE BALASTO

A continuación se enumeran algunas de las principales ventajas que supone la tecnología de vía sobre balasto:

- Sin condicionantes en obras de tierra debido a los asientos del terreno.
- Menor inversión en infraestructura.
- Posibilidad de corrección de la calidad geométrica.
- Se puede utilizar maquinaria convencional en algunas operaciones.
- En caso de descarrilamiento las reparaciones puntuales solo comprometen a los elementos implicados.
- Hay menor transferencia de vibraciones a los alrededores de la vía.
- El balasto ayuda a reducir la contaminación acústica que se produce al paso de los vehículos ferroviarios

2.2.5. DESVENTAJAS DE UNA VÍA SOBRE BALASTO

A continuación se describen algunas de las desventajas más características debidas a la implementación de la vía sobre balasto en vez de otros tipos de vía.

- Mayor coste de la superestructura.
- Mayor coste de mantenimiento.
- El balasto se renueva completamente cada 30 años. Por su parte, sujeciones y carriles cada 35 años.
- Para velocidades superiores a 320-330 km/h se produce el fenómeno denominado “vuelo del balasto”, que consiste en la succión del mismo causada por el flujo de aire generado por el paso del tren. En la Figura 2.2.3 se visualiza este fenómeno.

entre traviesas para reducir el nivel de presiones. En estos tipos de obras se da a la plataforma una ligera inclinación a dos aguas del 2% para ayudar al drenaje.

En el caso de los túneles, aunque se encuentren bajo cubierto, también hay filtraciones de agua y por lo tanto es necesario evacuarla. Por este motivo encima de la solera plana se construye una losa de hormigón con una inclinación del 2% a dos aguas que ayuda a la circulación del agua hacia el colector central. Como en el caso de las obras de fábrica se aumenta el espesor del balasto bajo las traviesas en 2-3cm y además se colocan suelas elásticas bajo las traviesas en toda la longitud del túnel y en 16 traviesas más allá de la entrada y la salida de mismo.

2.3. VÍA EN PLACA

Se podría definir la vía en placa como la vía en la que el balasto se ha substituido por una o varias capas de materiales. En general el balasto se cambia por una losa de hormigón, una base asfáltica o bien una base metálica. Esta metodología de vía surge de la necesidad de conciliar factores como la calidad, seguridad y fiabilidad de una vía con el mínimo coste posible, es decir, el objetivo es substituir el balasto por otro material que ofrezca una mejor estabilidad al conjunto del emparrillado de la vía.

En algunas tipologías se sustituyen incluso las traviesas además del balasto, en general pero, del conjunto de elementos de la vía se puede prescindir de todas las partes excepto del apoyo elástico de bajo el carril y de la losa portante, que es el elemento que caracteriza cada tipología de placa.

Los orígenes de la vía en placa se remontan a principios del siglo XX, pero aunque en el año 1924 se llevaron a cabo en Japón las primeras experiencias, no fue hasta 1966 cuando se fabricó la primera losa llamada *Shinkansen* en la línea *Tokaido – Shinkansen* entre **Tokio** y **Osaka**, los dos motores económicos del país nipón. Esta fue la primera línea de **alta velocidad** que se puso en servicio en la historia del ferrocarril, y significó de hecho, la aparición de este nuevo sistema de transporte. La aparición de la línea Shinkansen fue fruto de la alta demanda entre las dos ciudades, puesto que trenes más rápidos permitían una mayor frecuencia y por lo tanto, una mayor capacidad de transporte. El resultado fue que el tiempo de viaje se redujo a la mitad de tiempo, de 6 horas y media a unas 3 horas. Una de las grandes características del Shinkansen es su elevadísima frecuencia de servicio, que de media es de 6 minutos des de Tokio. Como consecuencia era completamente imprescindible que las operaciones de mantenimiento se redujeran al máximo, hecho que propició la instalación de vía sobre placa, que debido a su bajo mantenimiento permitía que se pudiera ofrecer tal nivel de servicio.

En el 1972 en la estación de *Rheda (Alemania)* se instalaron traviesas unidas por la armadura longitudinal, ancladas a una losa de hormigón sobre dos sub-bases rígidas. En esta misma década de los 70, Francia y Gran Bretaña desarrollaron los sistemas Stedef y PACT respectivamente. Pero no fue hasta los años 80 cuando se produjo el desarrollo teórico y experimental de la vía en placa, ya que fue en estos años cuando se empezaron a implantar en túneles, viaductos, estaciones, metro, líneas de cercanías, etc. Durante la década de los 90 se desarrollaron los primeros sistemas exclusivos para líneas de alta velocidad, Alemania fue a nivel europeo el país que tuvo la primera línea con esta nueva tecnología y en España se creó un grupo de trabajo con objeto de desarrollar su estudio.

2.3.1. LOS DIFERENTES TIPOS DE VÍA EN PLACA

Actualmente existen en el mercado distintos modelos que apuestan por esta tecnología. De manera muy simplificada se pueden distinguir en función de si el uso final de la vía será para un sistema de alta velocidad y mixto o bien si será para sistemas ligeros como los metros o los tranvías. Además se pueden distinguir morfológicamente según su sistema de fabricación entre in-situ y prefabricado. Dado este amplio abanico de tipologías la UIC (*International Union*

of Railways) estableció en el año 2002 siete tipos diferentes de vía en placa en función de los componentes y niveles de elasticidad que ofrece cada sistema, tal y como se muestra en la Figura 2.3.1.

CLASIFICACIÓN DE LA VÍA EN PLACA		Familias				
Características estructurales	Sistema de sujeción	1	2	3	4	5
	Posicionamiento del carril	Hilos de carril independientes		Posicionamiento y nivelación del carril mediante elementos prefabricados		
	Elementos reemplazables	No lleva	Puede llevar bloque simple	Con traviesas		Con losas
	Método constructivo	Vertido de resina in situ	Apoyo del carril sin traviesas	Traviesas incrustadas en hormigón	Traviesas apoyadas sobre estructura soporte	Losas dispuestas sobre placa
Niveles Elásticos						
1 nivel elástico	A	Carril embebido EDILON	Apoyo directo del carril PACT	-	-	-
2 niveles elásticos sin bloque intermedio	B	-	Apoyo indirecto del carril Züblin BTE Heilit W. BES APPITRACK CrailsheimFCC Rasengleis Hochtief/SM	Monolítica con traviesas RHEDA RHEDA Berlin RHEDA 2000 HEITKAMP ZÜBLIN	Traviesas apoyadas sobre losas BTD ATD GETRAC WALTER SATO	Losa apoyada con mortero no elástico BÖGL
≥ 2 niveles elásticos con bloque intermedio	C	-	Bloques recubiertos de elastómero NS Blokkenspoor SONNEVILLE Bloques EDILON Bloques TRANOSA	Traviesas recubiertas de elastómero STEDEF SATEBA	Losa flotante con traviesas Mantas CDM	Losa flotante sin traviesas Losa flot. TRANOSA Losa flot. GERB JNR ÖBB-PÖRR IPA

Figura 2.3.1: Clasificación UIC de vía en placa, extraído de [5]

Dado que esta clasificación puede resultar poco clarificadora a nivel de comprensión, existe una clasificación alternativa, también con siete familias según el diseño, que las ordena en función de la tipología de losa (hormigón o mezcla asfáltica), según su comportamiento estructural y finalmente según su diseño. En la Figura 2.3.2, se muestran además ejemplos de cada tipo.

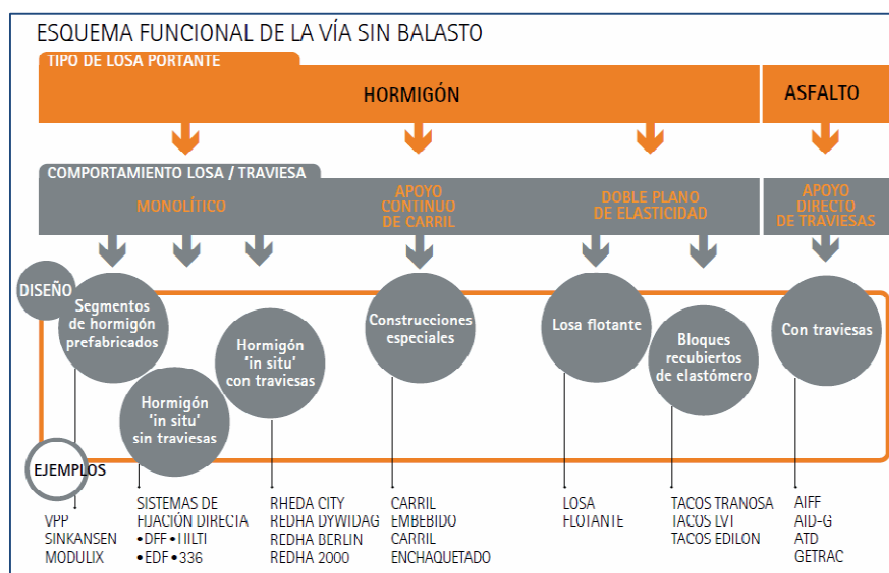


Figura 2.3.2: Esquema funcional de la vía sin balasto, extraído de [5]

2.3.1.1. Tramo de ensayo de distintas tipologías de vía en placa

En el año 2002 se construyó en la línea Valencia – Tarragona, concretamente en el tramo comprendido entre Las Palmas de Castellón y Oropesa de Mar (corredor del Mediterráneo), un tramo de ensayo con 6 modelos diferentes (Tabla 2.3.1) de este tipo de vía con una longitud de 432 metros cada uno, de los cuales una parte se encontraban en terraplén y otra en desmonte. Entre los tramos también hay partes de transición, ubicadas al inicio y al final de cada tramo y cada dos tipos de placas consecutivas. Además, entre el tramo de vía sobre hormigón y aglomerado existe un tramo exclusivo sobre balasto para el estudio de la transición (Figura 2.3.3).

Tipo de losa	Placa implementada			
Hormigón	Edilon	Rheda Dywidag	Rheda 2000	Stedef
Aglomerado asfáltico	Getrac		ATD	

Tabla 2.3.1: Tipo de Placas del tramo de ensayo, elaboración propia.

TIPOLOGÍA DE VÍA	PP. KK.	TRAZADO
ZONA DE TRANSICIÓN	1+013-1+053	R=-2953,520
EDILON	1+053-1+485	R=-2953,520
RHEDA DYWIDAG	1+485-1+608,2	R=-2953,520
	1+608,2-1+862,174	Transición
	1+862,174-1+917	Recta
RHEDA 2000	1+917-2+349	Recta
STEDEF REGLABLE	2+349-2+781	Recta
ZONA DE TRANSICIÓN	2+781-2+821	Recta
VÍA SOBRE BALASTO	2+821-3+313	Recta
ZONA DE TRANSICIÓN	3+313-3+353	Recta
GETRAC	3+353-3+785	Recta
ATD	3+785-4+217	Recta
ZONA DE TRANSICIÓN	4+217-4+257	Recta

Figura 2.3.3: Ubicación tramos de ensayo de vía en placa en la variante de Las Palmas de Castellón a Oropesa de Mar, extraído de [12]

Promovido por la Dirección General de Ferrocarriles del Ministerio de Fomento el estudio contó con tres fases, primeramente una fase de estudios previos en la cual se recopiló información sobre distintos modelos, el estudio y la configuración de los tramos de ensayo. La siguiente fase de construcción se centró en el control y obtención de datos in situ sobre la construcción de los distintos modelos utilizados. Finalmente, la última fase consistía en la recogida de datos y obtención de conclusiones mediante campañas periódicas de auscultación.

De estos modelos cuatro son de procedencia alemana (Edilon, Rheda Dywidag, Rheda 2000 y Gedra), uno de francesa (Stedef) y uno de holandesa (ATD). Es necesario remarcar que en el ámbito estatal también se ha desarrollado una tecnología propia sobre placa desarrollado por AFTRAV denominada DEDRA, pero que debido a su innovación aun se halla en periodo de pruebas y no ha sido extendido su uso comercialmente. Dada la amplia experiencia del sistema **Rheda 2000** a cielo abierto en las vías alemanas y a los altos rendimientos de montaje debido a la estandarización de estos, ADIF ha decidido utilizar la placa Rheda 2000 en todos sus túneles y viaductos de la líneas de alta velocidad.

2.3.2. EL MODELO RHEDA 2000

Por los motivos expuestos en el apartado anterior, en la presente tesina se considera el modelo **Rheda 2000** (Figura 2.3.4) para el estudio de la transición entre balasto y vía en placa mediante traviesas cuadro. Se trata de una **placa de comportamiento monolítico que utiliza traviesas y hormigón in situ**. En este caso las traviesas se posicionan sobre una capa de hormigón pobre, nivelándolas mediante unos husillos laterales soldados a los hierros de las traviesas y alineándolas mediante unos tensores especiales.

La base del sistema Rheda 2000 fue una estructura de vía que se construyó por primera vez en el 1972 en Alemania, concretamente en la estación de Rheda que pertenece a la línea *Biefeld – Hamm*. Desde entonces este sistema ha evolucionado de modo que en los últimos 10-15 años ha pasado de ser una elección para segmentos de construcción especial a una alternativa a tener muy en cuenta en la construcción de la superestructura, sobre todo en tramos con demandas de alta velocidad o cargas muy elevadas.



Figura 2.3.4: Vista de la placa Rheda 2000

Desde su aparición, a lo largo de los años la tecnología y dimensiones de los diferentes elementos han ido variando con tal de conseguir mejores prestaciones. En la Figura 2.3.5 se muestra el perfil transversal de la vía con los elementos que la integran. Para poder comparar los diferentes modelos se toma como cota cero de referencia la cara superior de dos carriles (NSC), se considera que la capa inferior (capa portante y aislante) tiene el mismo ancho en todos los casos.

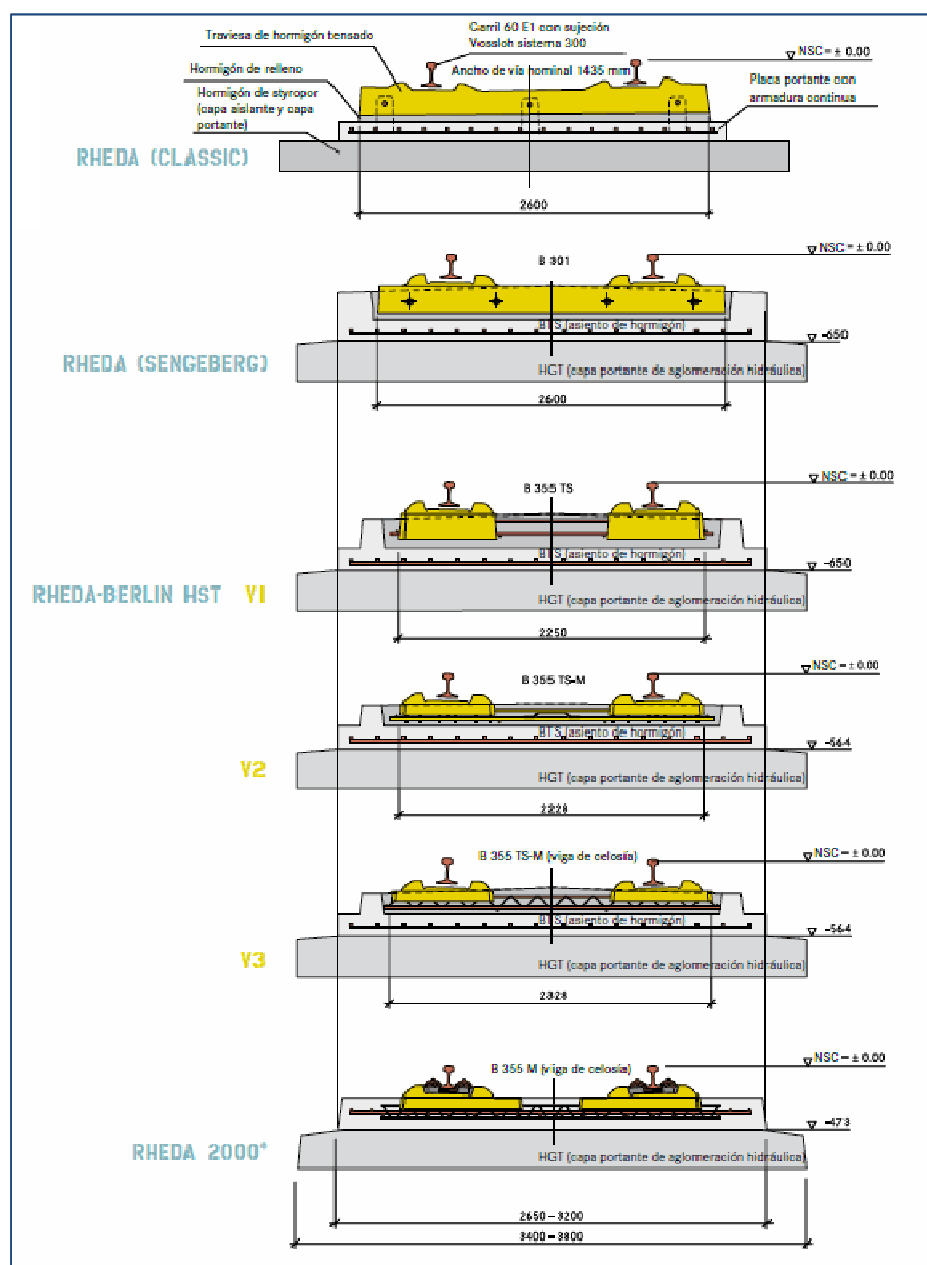


Figura 2.3.5: Secciones transversales de las diferentes versiones de vía en placa, (RAIL.ONE)

Como se puede apreciar en la Figura 2.3.5, las principales diferencias entre los distintos sistemas de vía en placa son:

- Paso de traviesa monobloque del primer modelo Rheda clásico al bibloque del modelo Rheda – Berlín, ya que de este modo se reduce el peso del conjunto y se mejora el comportamiento frente a las vibraciones.
- Aumento de la cuantía de armadura, sobre todo transversal, e introducción de la celosía en el modelo Rheda – Berlín HST a partir de la versión número 3.
- En el modelo **Rheda2000** se elimina la artesa de hormigón y la losa se apoya directamente sobre una subbase de 30cm de espesor. De este modo hay una

disminución del espesor de la placa dando lugar a un menor gálibo y un menor peso del conjunto.

2.3.2.1. Ejemplos de Utilización

De del año 1991 se han construido más de 800km de vía en placa en el conjunto de Alemania. Se enumeran a continuación diferentes tramos que han estado contruidos con este sistema.

- Alemania
 - Colonia – Frankfurt
 - Núremberg – Ingolstald
 - Enlace norte-sur de Berlín
- Holanda
 - Línea Ámsterdam – Bruselas
- Taiwán
 - Línea de alta velocidad Taipéi – Kaohsiung, que une la capital al norte de la isla con esta ciudad del sur. Se suministró el sistema de vía en placa en la zona de estaciones.
- España
 - Madrid – Valladolid, túnel de Guadarrama de 27km. Primera línea de alta velocidad en el estado en la que se implementó el sistema.
 - Utilización de la vía en placa en todos los viaductos y túneles en líneas de alta velocidad de nueva construcción des del año 2005.
 - En estaciones con parada: bloques o carril embebido del tipo DFF o PAD.

2.3.3. COMPONENTES DEL SISTEMA

El hecho de instalar vía sobre placa en una línea de ferrocarril tiene unas implicaciones sobre el proyecto a tener en cuenta tanto en la superestructura como en la infraestructura. En el presente apartado se comentan cuales son las actuaciones que hay que realizar sobre los siguientes componentes de la vía: Sujeciones, traviesas, terraplenes, desmontes y túneles.

2.3.3.1. Sujeciones

Las sujeciones son el elemento de la vía que enlaza y sujeta el carril a la traviesa, y son una parte esencial del sistema. Estos elementos además de proporcionar elasticidad a la vía tienen que permitir la regulación y ajuste de la geometría del carril después de su construcción.

El mal comportamiento de la placa frente a las vibraciones es debido a la poca elasticidad que ofrece el hormigón. Por este motivo las sujeciones desarrollan un papel básico con tal de dotar

al conjunto de la vía una elasticidad suficiente, ya que las sujeciones son el elemento que en gran medida dotan de elasticidad a la totalidad de la vía.

En caso de que la elasticidad fuera demasiado grande, se produciría un mayor desgaste sobre el material rodante, afectando de manera directa al confort y la seguridad del viajero. Por lo tanto, cada tipo de placa tiene asociada una sujeción que optimiza el conjunto. Los requisitos que se exigen están descritos según la normativa UNE-EN 13481-5:2003⁵.

De forma general se pueden clasificar las sujeciones en tres tipos:

- Elásticas indirectas con placas de asiento de elasticidad bilineal: *Pandrol Vipa*.
- Elásticas, directas o indirectas, con múltiples placas (rígidas de asiento, bloques o placas de distribución de carga): *loarv 300 de Vossloh*.
- Realizadas mediante el encepado e embebido del carril: *Corkelast de Edilon*

En el caso de la placa Rheda2000 la sujeción que se usa es la *loarv 300* de la casa comercial Vossloh (Figura 2.3.6). Estos elementos a parte de proporcionar elasticidad a la vía tienen que permitir la regulación y el ajuste de la geometría del carril después de su construcción.

La sujeción *loarv 300* consta de dos placas angulares (bridas de ángulo), de una placa intermedia elástica bajo una placa de asiento rígida y de los usuales componentes para el atornillado y la fijación.

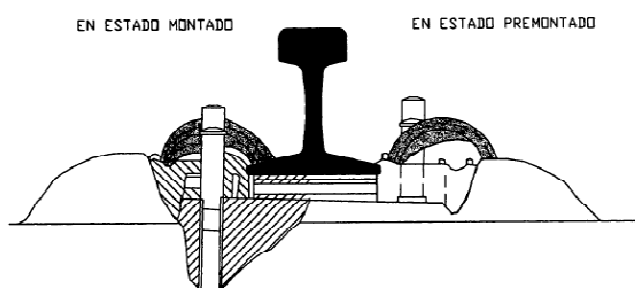


Figura 2.3.6: Sujeción loarv 300, de la casa Vossloh, extraído de [13]

La placa de asiento distribuidora de cargas y la placa intermedia elástica se sitúan dentro de la escotadura de dos angulares, con ello la resistencia al giro en el eje del carril aumenta longitudinalmente y de esta forma se evita el vuelco del carril bajo el efecto de las cargas. Al mismo tiempo se transmiten las considerables fuerzas de las grapas de sujeción por las bridas de ángulo auto centradas a la traviesa de forma que se impide una deformación no uniforme de la placa intermedia elástica durante el montaje.

En el caso concreto de esta sujeción las tolerancias de ajuste son las siguientes:

⁵ Aplicaciones ferroviarias. Vía. Requisitos de funcionamiento para los sistemas de sujeción. Parte 5: Sistemas de sujeción de vía en placa.

- Regulación en altura: $-4/+26\text{mm}$
- Regulación lateral: $\pm 5\text{mm}$
- Elasticidad de placa de asiento: $25,5 \pm 2,5 \text{ kN/mm}$
- Deflexión de 1,5mm, con una carga por eje de 22,5t

2.3.3.2. *Traviesa B-355*

La traviesa de la Figura 2.3.7 es la utilizada para la vía en placa Rheda2000. Se trata del modelo B-355 de tipo bibloque, de hormigón y para vías de ancho internacional (1435mm) que utilicen el carril tipo UIC 60 (60kg/ml) (Tabla 2.3.2). Los bloques de hormigón se pueden concebir individualmente permitiendo la utilización de todos los sistemas de sujeción y anclaje convencionales. El encastramiento efectivo de la viga de celosía garantiza una manipulación fiable durante el transporte y una colocación e integración segura en la construcción de la calzada

Traviesa	Peso	Área	Longitud	Dimensiones del bloque	Altura
B-355 U60-20M	197 kg	5230 cm ²	2234 mm	914 × 286mm	198,5mm

Tabla 2.3.2: Características de la traviesa B-355, extraído de [8]

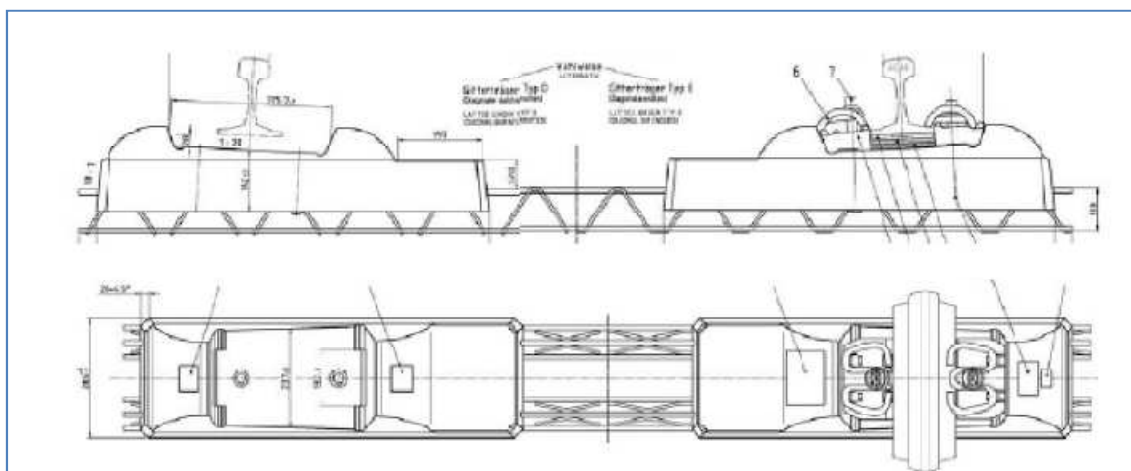


Figura 2.3.7: Alzado y planta de la traviesa B-355, extraído de [8]

2.3.3.3. *Tratamiento en terraplenes y desmontes*

En vías no urbanas que se construyen a cielo abierto el objetivo principal es el de asegurar el asiento nulo, tanto en terraplenes como en desmontes. Por este motivo es necesario implementar alguno de los tratamientos descritos a continuación:

- Mejoras generalizadas del terreno, para asegurar asientos nulos: tiene un coste asumible pero existen ciertas incertidumbres con respecto del resultado final.
- Construcción de pseudo-puentes de soporte (Figura 2.3.8) o falsos terraplenes: garantiza un buen comportamiento del terreno pero tiene un coste elevado.

- Construcción de losas de soporte de hormigón armadas que sean capaces de soportar momentos flectores significativos: es una solución costosa que proviene de la experiencia en infraestructuras viarias.



Figura 2.3.8: Pseudo-puente a continuación de un viaducto, extraído de [5]

En terraplenes la disposición de capas recomendable des de la base hasta la coronación es la que se muestra en la Figura 2.3.9

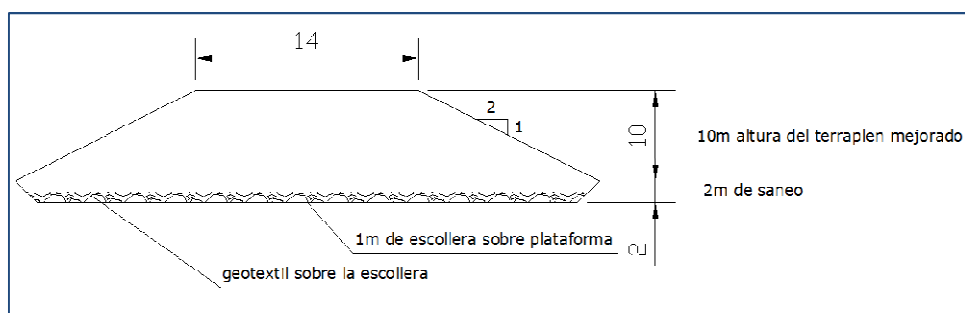


Figura 2.3.9: Perfil transversal para terraplén en vías en placa, extraído de [5]

En desmontes (Figura 2.3.10) no existe una limitación de la profundidad de trinchera en términos de asentos. La única intervención que es requerida es la de actuar sobre la base del fondo del desmonte sobre el cual se construirá la plataforma. Como en terraplenes, se sanea una profundidad de 2m y se deposita un metro de escollera que se cubre con una capa de geotextil.

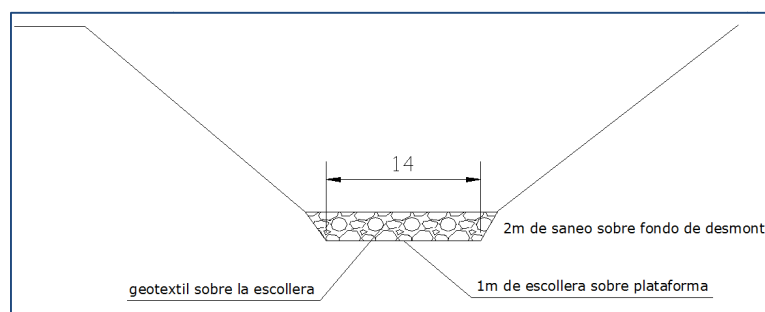


Figura 2.3.10: Perfil transversal para desmonte en vías en placa, extraído de [5]

En la Tabla 2.3.3 se muestra un resumen de los requisitos necesarios para la ejecución de los terraplenes o desmontes en función del tipo de terreno del que se dispone y de su calidad.

De las observaciones de esta tabla se desprende que para alturas superiores a 10m y en suelos deformables que no sean sometidos a un tratamiento específico hay que prescindir de la vía en placa e instalar vía sobre balasto. Una forma de poder saltarse estas restricciones es utilizando pseudo-puentes o losas de soporte tal y como se ha comentado anteriormente.

Elemento	Terreno Apoyo	Requisitos Adicionales	Observaciones
TERRAPLÉN	Roca	Mejora calidad del terraplén con material de prestamos	Para alturas $H \geq 10-15m$ vía en balasto
	Suelo calidad media	Mejora calidad del terraplén con material de prestamos Saneo Escollera y geotextil	En suelos deformables, sin tratamiento específico, vía en balasto
	Suelo deformable	Mejora calidad del terraplén con material de prestamos	En el fondo del saneo se colocará una base de escollera.
DESMONTE	Roca	Sin requisitos adicionales	En el fondo del saneo se colocará una base de escollera
	Suelo calidad media	Saneo $\geq 2m$ Escollera y geotextil	
	Suelo deformable	Sin requisitos adicionales	

Tabla 2.3.3: Requisitos para la ejecución de terraplenes y desmontes

Una forma alternativa para conseguir el objetivo de asentamientos nulos es mediante la construcción de **falsos terraplenes**.

- Consiste en apoyar el conjunto del terraplén sobre una banqueta de 80cm de espesor compuesta por grava y arena con una compactación del 98%. Esta banqueta por su parte está apoyada sobre un conjunto de drenes verticales situados sobre un estrato de desguace.
- En caso de que el terraplén tenga que construirse sobre un terreno blando se sigue el procedimiento de construir pilares que unan la losa de hormigón sobre la cual va situada la vía y un estrato del subsuelo con suficiente capacidad para resistir esfuerzos.
- Otra forma sería la de ejecutar un conjunto de pilas de grava-cemento que vayan desde la cimentación del terraplén a una capa de suelo con suficiente resistencia.

2.3.3.4. Tratamientos en Viaductos

En este tipo de estructuras pueden obtenerse resultados excelentes si el viaducto ha estado específicamente proyectado para un sistema y tipología concretos de vía en placa. Por este motivo el tipo de vía en placa tiene que garantizar las siguientes características:

- La compatibilidad de los movimientos verticales del tablero con los de la losa portante del sistema de vía en placa.
- La limitación de los movimientos transversales del tablero respecto de los estribos o de los tableros en si
- La correcta transmisión de los esfuerzos transversales y longitudinales en la estructura

En función de los movimientos longitudinales que presenta el puente existen diferentes disposiciones de la vía sobre la estructura:

- **Losa fijada en la estructura:** las traviesas y la losa portante están fijadas en el tablero del puente, con sujeción elástica, del tipo semideslizante.
- **Losa libre sobre la estructura:** con posibilidad de desplazamiento longitudinal sobre la misma. Ambos elementos están separados por una capa elastométrica o similar.
- **Vía deslizante sobre la losa:** se trata de un sistema con capas asfálticas que permite que la vía pueda moverse libremente sobre la losa.

Por otra parte, para el caso concreto de la Rheda2000 se distingue si la longitud total del viaducto supera los 25m. En caso de que sea así, la losa se construye por segmentos, de 3,5 a 7m, separada del tablero por una capa de elastómeros o una cubierta de protección. Para longitudes inferiores a los 25m la losa es continua.

2.3.3.5. Túneles

Del mismo modo que en el caso de los viaductos, si cuando se proyecta el túnel se tiene en cuenta un tipo de placa específico las mejoras que se obtienen son las siguientes:

- Reducción de la sección de excavación
- Eliminación de las actividades de mantenimiento de la vía dentro del túnel
- Mejora de la estabilidad y disponibilidad de la vía dentro del túnel donde los accesos suelen ser complejos.
- Facilidad de evacuación a pie por parte de los viajeros en caso de necesidad.
- Ausencia de asentamientos y agua procedentes de filtraciones y drenajes.

2.3.3.6. Mantenimiento

Las operaciones de mantenimiento son básicas para garantizar el nivel de servicio que ofrece una línea ferroviaria. Por el hecho de requerir un mantenimiento muy inferior respecto de las

vías sobre balasto (del orden del 20% al 30%), las vías en placa tienen la capacidad de ofrecer viajes con una frecuencia mayor sin comprometer la calidad del servicio.

Así pues, las operaciones de mantenimiento pueden ser de dos tipos:

- **Preventivo:** mediante inspecciones periódicas en las que se comprueba el estado de las sujeciones, soldaduras y el desgaste. Durante los primeros meses de puesta en servicio es conveniente vigilar también la fisuración de la placa.
- **Puntual:** para corregir posibles defectos puntuales.

En la Tabla 2.3.4 se compara económicamente la implantación de uno u otro sistema para un nivel de tráfico medio de una vía de alta velocidad, sin tener en cuenta posibles desvíos de la vía que encarecerían tanto la construcción como el mantenimiento. Se puede observar como el coste del mantenimiento de la vía en placa es aproximadamente un 47% menor respecto al de la vía sobre balasto. Si se tiene en cuenta que la inversión inicial es un 40% superior, se llega a la conclusión mediante un estudio de rentabilidad económica que el periodo de amortización de la vía en placa sería aproximadamente de unos 24 años.

	Nivel de tráfico	Medio
Vía sobre balasto	Coste de inversión inicial (€/km)	930.000 € ⁶
	Coste de mantenimiento(anual)	43.500 €
Vía en placa	Coste de inversión inicial (€/km)	1.307.000 €
	Coste de mantenimiento(anual)	20.717 €

Tabla 2.3.4: Coste de inversión y mantenimiento de la vía en placa y la vía sobre balasto, extraído de [5].

2.3.4. VENTAJAS DEL SISTEMA DE VÍA EN PLACA

A continuación se enumeran algunas de las principales ventajas que ofrece la tecnología de la vía en placa:

- **Estabilidad, precisión y confort:** se garantiza un asentamiento de vía estable y de larga duración, además soporta bien las cargas a las que la alta velocidad somete a la vía gracias a su calidad, funcionalidad y seguridad. Estas prestaciones se consiguen gracias a la posibilidad de ajuste milimétrico de la estructura durante su montaje in-situ. Esto

⁶ Datos económicos de 2009

es la clave para conseguir un desgaste bajo de los vehículos y un gran confort durante el viaje.

- Larga vida útil y escasa necesidad de mantenimiento:
 - Este es uno de los puntos fuertes de la vía en placa, ya que sin casi necesidad de mantenimiento el sistema ofrece alta disponibilidad y buena rentabilidad para las vías de alta velocidad.
 - El periodo de retorno para la recuperación de la inversión está comprendido entre los 20 y los 30 años en el estado español, mientras que en Japón es de unos 9 años.
- Aplicación flexible y universal
 - Debido a una altura de construcción relativamente baja y a la posibilidad de mantener un asiento óptimo de las vías se recomienda este sistema en tramos de vía y desvíos sobre firmes de tierra, puentes y túneles.
- Bases para el trazado de vía óptimas
 - La vía en placa posibilita un trazado de vía más rectilíneo en la alta velocidad ya que permite construir curvas más cerradas y con inclinaciones más pronunciadas. De este modo se reduce el coste de ejecución de las obras.
- Elevada precisión del ancho de vía y de la geometría de la vía gracias a la traviesa
- No se ven superadas las tolerancias de compensación en la sujeción del carril debido a errores de alineación durante el montaje.
- No existe deformación periódica de ondulaciones ni verticales ni horizontales en el carril.
- No existen requisitos especiales de tolerancias para los diferentes componentes por separado.
- Buenas propiedades del hormigón gracias al uso de una tecnología adecuada a sus requisitos:
 - Últimamente se está substituyendo el hormigón armado por hormigón con fibras de propileno con tal de reducir la retracción ya que los elementos elásticos de la vía, como la placa de asiento, absorben las tensiones que originan el paso de los trenes. Solo se usa hormigón armado en las entradas y salidas de los túneles debido a las variaciones bruscas de temperatura.
- Elevados rendimientos de montaje del orden de 180m diarios.

- Según la Oficina Federal Alemana de Ferrocarriles (EBA) es posible reducir la cuantía de armadura de la placa portante de hormigón en túneles.
- Reducción del peso total de la superestructura en puentes
- Mayor protección ambiental ya que no es necesario disponer de las canteras de balasto, para el hormigón de la palca se pueden usar áridos marginales y finalmente, debido a la menor altura de la superestructura, es posible reducir el diámetro de los túneles.
- Al no existir balasto, se evita pues la problemática que causa la volada de balasto a altas velocidades. Por lo tanto, se puede concluir que la vía en placa es óptima para velocidades muy altas, superiores a los 330km/h.

2.3.5. DESVENTAJAS DEL SISTEMA DE VÍA EN PLACA

En el presente apartado se describen algunas de las desventajas que presenta la implementación de la vía en placa en vez de la vía sobre balasto:

- Capacidad de corrección de posibles defectos superficiales muy pequeña.
- Necesidad de una infraestructura libre de asientos.
- Terraplenes de alturas reducidas, el recomendado es un terraplén de 5m de altura y como máximo se pueden llegar a los 10-12m.
- Necesidad de un tratamiento del fondo de los terraplenes y los desmontes.
- Mayor coste de implantación de la infraestructura.
- Necesidad de buenos drenajes de la losa.
- En caso de descarrilamiento del convoy, es posible que haya que picar sobre la losa de hormigón con tal de corregir la posible avería.
- Peor comportamiento con respecto a las vibraciones y el ruido en comparación con el balasto.
 - Debido a la reflexión sobre la superficie del hormigón de la losa portante el nivel de vibraciones es más elevado. Por este motivo son necesarias la implantación de placas de asiento más elásticas o la colocación de capas más absorbentes.
 - Dado que el medio no es poroso no se absorbe tanto ruido como con el balasto.

2.4. ELEMENTO DE TRANSICIÓN – TRAVIESAS CUADRO

En una vía de ferrocarril, las traviesas tienen la función de repartir cargas, de modo que el nivel de tensiones que llega a la capa de balasto se reduzca en cierta medida. A su vez, el balasto reparte la carga desde debajo de las traviesas hasta la plataforma. Un nivel de carga importante bajo las traviesas provoca presión entre las partículas, originando su deterioro. Además, el balasto adquiere mayor porcentaje de finos y disminuye su función drenante, reduciendo en consecuencia la calidad de la vía. Por lo tanto, los trabajos de mantenimiento deben llevarse a cabo más a menudo, incrementándose el coste de mantenimiento de una línea de ferrocarril.

Así pues, disminuyendo el nivel de presiones sobre balasto se conseguirá un nivel de deterioro menor del mismo. Con este objetivo, se pueden usar tipos de vía que repartan la carga sobre más traviesas, bien sea disminuyendo la distancia entre las mismas, o incrementando la superficie de apoyo de las propias traviesas haciéndolas más anchas o más largas. Con este segundo objetivo nacieron las traviesas cuadro.

2.4.1. DESCRIPCIÓN DE LAS TRAVIESAS CUADRO

La traviesa cuadro (Figura 2.4.1) es un conjunto cerrado que contiene dos traviesas situadas longitudinalmente bajo los carriles que son unidas, a cada uno de sus extremos, por una traviesa dispuesta transversalmente con relación a la vía, con lo que forma un conjunto que tiene forma de un rectángulo o doble H. En los puntos de intersección de los elementos del cuadro están dispuestos cuatro puntos de fijación de los carriles, entonces cada carril reposa sobre dos apoyos en una traviesa (uno en cada extremo), coincidiendo con los puntos de fijación. La conservación de la forma de la traviesa en el plano horizontal conlleva una rigidez fuerte al empuje entre ambos carriles, lo que constituye una característica distintiva esencial con relación a la vía convencional.



Figura 2.4.1: Vía con traviesas cuadro, extraído de [1]

Las traviesas cuadro tratan de sustituir el tradicional sistema de transmisión de cargas con traviesas cada cierta distancia por un emparrillado, combinando así de vigas longitudinales con otras de transversales. El hecho de que también haya traviesas longitudinales implica que la carga se transmite de forma continua sobre el balasto, reduciendo notablemente el nivel de presiones bajo las traviesas y evitando en gran medida los gradientes de presión.

La forma de doble H que caracteriza las traviesas cuadro se probó en Austria. Estas traviesas pueden ser consideradas como dos traviesas conectadas entre sí con “puentes longitudinales”. Sus dimensiones son: 0.95m de largo y 2.40m de ancho, y tienen dos sujeciones en cada lado, una en cada extremo. Entre dos sujeciones consecutivas, el carril se apoya en el “puente”, es decir, en la parte longitudinal de la traviesa (Figura 2.4.2). De esta manera, al carril se le proporciona un apoyo casi continuo. Además, las traviesas disponen, en su parte inferior, de una suela elástica de 12mm de espesor de un polímero fino que permite un mejor reparto de las cargas, un amortiguamiento adicional y un mejor balasto entre el balasto y el hormigón.

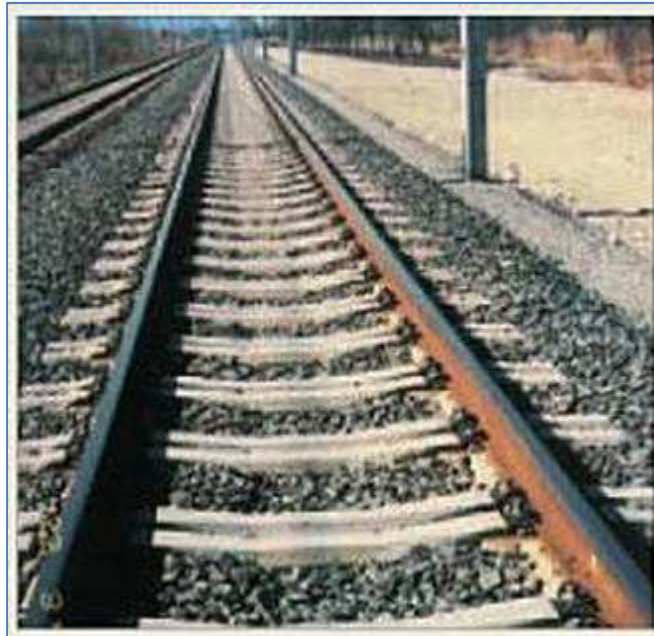


Figura 2.4.2: Disposición carriles sobre las traviesas cuadro, extraído de [1]

En la figura anterior se puede apreciar que el ancho de las traviesas longitudinales es superior al de las traviesas transversales. Esta diferencia se debe a que las traviesas longitudinales sirven de apoyo continuo al carril, por tanto deben ser más anchas. Por otro lado, el hecho de tener cuatro sujeciones por traviesa le confiere a la vía una alta rigidez en el plano horizontal, aumentando la estabilidad de la alineación y la resistencia al pandeo más allá de los límites actuales.

La idea de la base de la vía sobre traviesas cuadro consiste en poner carril sobre una traviesa continua longitudinalmente. Como ya se ha comentado, está constituida por una viga longitudinal compuesta de elementos de 95 cm de longitud del que cada uno está unido al carril por dos fijaciones sobre cada lado. Sometida a cargas de los ejes, esta construcción puede deformarse libremente dentro de los límites de la rigidez a torsión del carril. Los puntos

de fijación del carril de dos traviesas consecutivas están poco alejados los unos de los otros, de modo que el carril hace también de elemento de transmisión de los esfuerzos verticales autorizando una deformación “articulada” alrededor del eje transversal. Este tipo de vía puede, por tanto, ser comparado con una cadena a orugas en la cual el eje que une dos eslabones asegura la transmisión de los esfuerzos verticales de empuje realizando una articulación alrededor del eje y.

El carril puede ser sostenido sólo por estos dos puntos de fijación. Pero también podemos asegurarle un apoyo continuo sobre la traviesa respetando el concepto de base. De momento, se han dispuesto entre uno y dos apoyos intermedios elásticos sobre la viga longitudinal de la traviesa cuadro. Estos apoyos elásticos consisten en placas de asiento como las que se ponen en vías convencionales, pero en este caso dispuestas no sólo en los puntos de sujeción del carril, sino también en puntos intermedios, como se ha comentado. Este aspecto es importante de cara a disminuir las emisiones acústicas debidas a las vibraciones del carril por las circulaciones ferroviarias, ya que, dada la mayor rigidez de las traviesas cuadro frente a las traviesas estándares, la placa de asiento toma mayor relevancia a la hora de reducir la rigidez del conjunto vía-balasto-plataforma y, por tanto, de absorber estas vibraciones en mayor medida.

Es por esta razón que se han construido traviesas cuadro con un único apoyo continuo elástico en la totalidad del pie de carril de cada lado de la vía, lo que debería permitir reducir todavía más las vibraciones del carril, y disminuir así el nivel de ruido.

2.4.2. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LAS TRAVIESAS CUADRO

La idea de obtener una reducción de los esfuerzos de compresión activos sobre el lecho de balasto son tal de aumentar la superficie de contacto, no es absolutamente nueva, y las traviesas anchas utilizadas en lugares diversos de China, así como las traviesas cuadro desarrolladas en la URSS son unos ejemplos que lo demuestran.

Los últimos años, se ha ido desarrollando un modelo de traviesas cuadro que estuvo instalado en 1983 sobre el lecho de balasto de un tramo de la línea meridional *Viena – Semmering* de la ÖBB (ferrocarriles austríacos). Circulando cada día aproximadamente 35000 ton. a 140 km/h, esta vía con traviesas cuadro no había recibido hasta el año 2003 ninguna operación de mantenimiento. De esta experiencia se sacó una conclusión sumamente importante: **el aumento sustancial de la superficie de contacto entre la vía y el balasto permite disminuir la compresión que sufre este y atenuar más el deterioro de la calidad geométrica de la vía.**

Realizado por la ÖBB, la Universidad Técnica de Graz y el fabricante de traviesas SSL este proyecto alcanzó la fase de pruebas. De hecho, este tipo de traviesa equipa actualmente seis líneas, de las que cuatro están situadas sobre la red de la ÖBB, una sobre la red del CFF (ferrocarriles suizos) y otra sobre la red del FS (ferrocarriles italianos). La construcción de traviesas cuadro dio lugar a toda una serie de innovaciones y los diferentes ensayos llevan la marca de las diferentes etapas atravesadas antes de llegar al punto de desarrollo actual. Es probable que otras etapas tarden en cumplirse con el fin de bajar los costes y de armonizar las nuevas traviesas con las estructuras in situ.

La configuración de las traviesas cuadro ha evolucionado considerablemente a lo largo del tiempo. Para empezar, las traviesas que equipan el primer y el segundo tramo de pruebas (*Gramatneusiedl*, línea del este *Venga – Hegyeshalom* y *Paternion*, línea *Tauern – Salzburg – Villach*, ambas en Austria) fueron construidas con una sola capa de armado central que, gracias a una colocación de tipo encorvado, permitía asegurar simultáneamente el pretensado de los elementos longitudinal y transversal de la traviesa. Entonces, a raíz de los esfuerzos dinámicos que solicitaban las traviesas, surgió un principio de fisura de la estructura de hormigón en las esquinas, las cuales estaban insuficientemente protegidas por los esfuerzos de pretensado. La realización de un armado del mismo tipo pero dispuesto en lo sucesivo sobre dos capas, con el fin de poder absorber en seguridad las parejas que resultan de la dinámica vertical, resultó completamente satisfactoria sobre el tramo de prueba *Eichberg – Semmering*.

Sin embargo, el constructor de traviesas decidió modificar, para la fabricación de las traviesas cuadro, el procedimiento de tensión corta utilizado para las traviesas estándares y realizar en su lugar una precompresión en dos direcciones perpendiculares, una con relación a la otra. Este procedimiento conlleva la tensión de los hilos en un marco de tensión, al estar colocados en posición recíproca con el encofrado. Después del curado del hormigón, el conjunto de esta disposición se vuelca 180° y el encofrado se retira. El hormigón endurece con su superficie al aire libre envolviendo a los cables pretensados que, al final de este proceso, son aflojados y separados. Este procedimiento ofrece particularmente la ventaja de una disposición más banalizada por los cables de acero, lo que es ventajoso en caso de utilización de fijaciones de diferentes fabricantes y cuando el aumento de las masas por eje exige fortalecimientos.

Como forma de traviesa, el cuadro cerrado exige reflexiones particulares que conciernen a la producción y a la calidad. Se han desarrollado dos pruebas suplementarias con el fin de verificar la capacidad de torsión y la resistencia al empuje. En la primera, dos apoyos de carriles dispuestos diagonalmente uno respecto a otro son alargados contra los dos otros, lo que produce una torsión de la traviesa cuadro. En la segunda, la prueba de empuje, los esfuerzos son aplicados en diagonal en la apertura interior de la traviesa cuadro con el fin de simular la acción de los diferentes esfuerzos longitudinales que puedan intervenir en ambos carriles.

En todas las líneas de ensayo, las traviesas cuadro han sido provistas de suelas elásticas con el fin de mejorar el comportamiento en el contacto (la interfaz) entre la cara inferior del hormigón y las partículas de balasto, ya que ambos materiales son duros; de esta forma el contacto es más elástico y suave frente a las cargas. Al principio, el conocimiento de los parámetros que hay que respetar para su construcción era todavía muy modesto y es posible decir hoy que las primeras suelas que se escogieron eran demasiado elásticas. Si bien el mayor hundimiento bajo la carga y la mejor repartición de la misma era un factor positivo, el “desacoplamiento” de las traviesas con relación al lecho de balasto producía una fuerte dinámica con una amortización débil, lo que llevó a problemas estructurales. El problema de la sollicitación dinámica puede ser disminuido aumentando la dureza de las suelas elásticas, lo que permite homogeneizar mejor la transmisión de la carga debido al número más elevado de los puntos acelerados de contacto.

3. MODELIZACIÓN TRAVIESAS CUADRO

En este capítulo se establecerán las bases para analizar como corresponde un tramo de vía con traviesas cuadro. Es necesario para la realización de la tesina, ya que necesitamos conocer la rigidez total de la vía con objeto de modelizar las traviesas cuadro como elemento de transición de vía de balasto a vía en placa.

Para ello se procederá a su modelización mediante el programa **SAP2000**. En este caso, la estructura constará de un emparrillado compuesto por los carriles y las traviesas cuadro, los cuales tendrán apoyos elásticos, simbolizando el lecho del balasto.

Posteriormente se analizarán los detalles del modelo, pero antes es necesario presentar las dimensiones y características de los elementos que componen la vía, puesto que habrá que introducirlos en el programa como características de la sección de las vigas.

3.1. ELEMENTOS QUE CONFORMAN LA VÍA

En el programa de cálculo habrá que determinar las características de todos los elementos que componen la vía. Sin embargo, como tal y como se comentará posteriormente, en algunos casos se realizarán hipótesis con objeto de simplificar el cálculo, manteniendo todo el tiempo aproximaciones cercanas a la realidad⁷.

3.1.1. CARRILES

En el modelo se usarán carriles tipo UIC 60, los más utilizados para vías con velocidades superiores a los 200 km/h y especialmente en líneas de alta velocidad. No obstante, se podría modelizar la vía con otro tipo de carril sin perder generalidad. Como dimensiones más representativas, cabe señalar que la anchura de patín del carril es de 150mm, al altura de carril es de 172mm y la anchura de la cabeza medida 14mm debajo de la parte superior es de 72mm. Las características técnicas de la sección del carril UIC 60 se resumen en la Tabla 3.1.1:

Para modelizar el carril, en primer lugar se definirá la sección. Dado que no se trata de ninguna de las secciones predeterminadas por el programa (tales como rectangulares, circulares, etc.), se selecciona la opción "*Sección General*" y se le asignan los valores mencionados en la tabla (de hecho solo es necesario introducir el área de la sección y los momentos de inercia). Además, hay que introducir las características del tipo de material, que en este caso es el acero⁸.

⁷ A partir de ahora se trabajará con KN como unidades de esfuerzos, y con metros como unidades de longitud.

⁸ Prestar atención a su módulo de elasticidad: $2,1 \cdot 10^8$ KN/m²

CARRIL UIC 60	
Sección (S)	76,86 cm ²
Masa por unidad de longitud (M)	60,34 kg/m
Momento de inercia (eje x) - I_x	3055,0 cm ⁴
Momento de inercia (eje y) - I_y	512,9 cm ⁴
Módulo resistente (eje x) - W_x	335,5 cm ³
Módulo resistente (eje y) - W_y	68,4 cm ³
Módulo de elasticidad E	2,1·10 ⁸ KN/m ²

Tabla 3.1.1: Características mecánicas del carril UIC 60

3.1.2. TRAVIESAS

En este caso las traviesas serán, obviamente, traviesas cuadro, de las cuales se presentan a continuación varios esquemas con sus dimensiones principales. Hay que señalar que la única información referente a las dimensiones que se ha podido encontrar es la longitud y el ancho total de la traviesa. Para el resto de dimensiones, como el ancho de la parte longitudinal y transversal, se ha consultado a (Romero, 2010) [10].

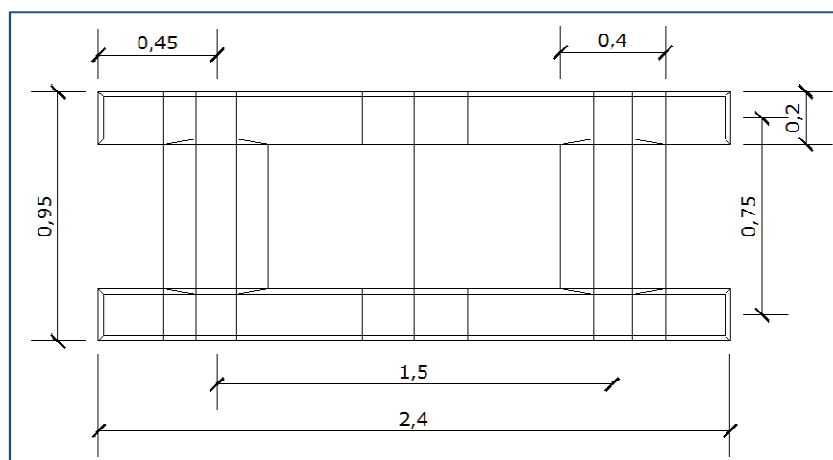


Figura 3.1.1: Vista en planta y dimensiones de una traviesa cuadro (m), elaboración propia.

Tal y como se puede observar en la Figura 3.1.1, la traviesa longitudinal es más ancha que la transversal, por el hecho de que en la primera tiene que ir apoyado el carril. Por otra parte, en este esquema también se ilustran las sujeciones, de las que cada traviesa dispone de cuatro.

El material que compone las traviesas es el hormigón, cuyo módulo de elasticidad es de $3,0 \cdot 10^7 \text{KN/m}^2$, mientras que el momento de inercia depende de la sección, la cual varía en función de si se trata de la parte longitudinal o la parte transversal de la traviesa.

3.1.2.1. Traviesas Transversales

Por lo que se refiere a la parte transversal de las traviesas cuadro, en la Figura 3.1.2 observamos que el canto es superior en la zona en la que la traviesa transversal se junta con la longitudinal y se apoya el carril, mientras que en la parte central y la más exterior el canto es menor. Esto se debe a que las cargas aplicadas (carril y ruedas) se concentran en esta zona de cruce con la traviesa longitudinal, por lo que es necesario un mayor canto.

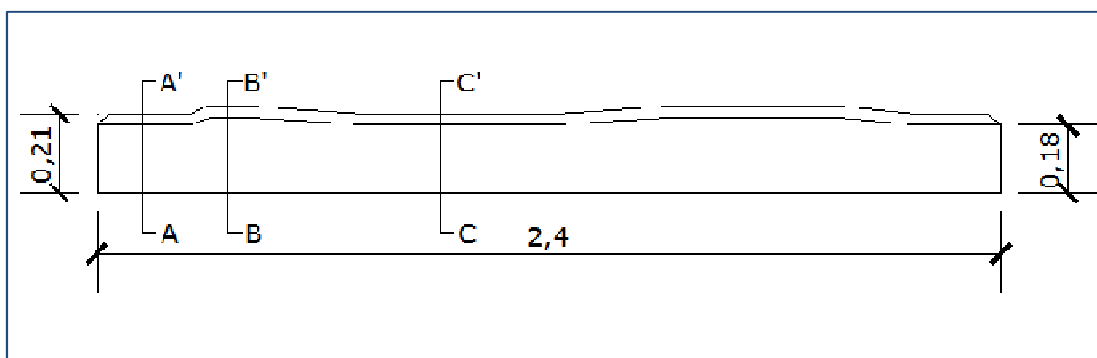


Figura 3.1.2: Vista en alzado de una traviesa transversal (m), elaboración propia.

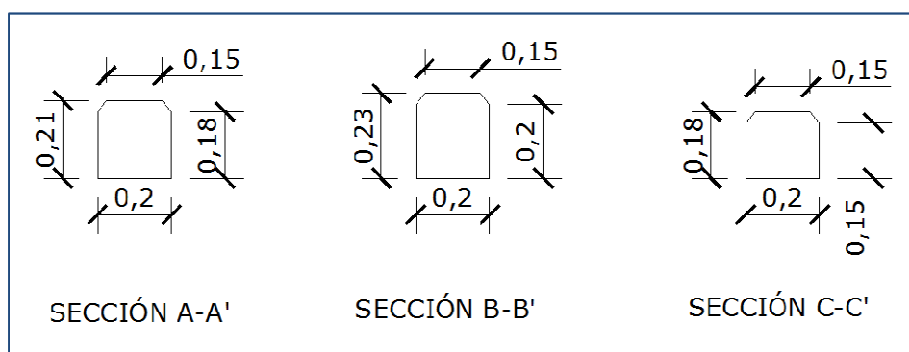


Figura 3.1.3: Secciones representativas de una traviesa transversal, elaboración propia.

Por otra parte, es necesario destacar que en la parte superior de las secciones las esquinas hacen chaflán, con lo que el ancho de la traviesa en la parte superior es 5cm más estrecha que en el resto de la sección. Como esta diferencia no es significativa, con objeto de facilitar los cálculos en el modelo se supondrá que la traviesa es de sección rectangular, tomando como ancho representativo el que tiene la mayor parte de la sección.

Hay que comentar que en el programa de cálculo, las vigas apoyadas en un punto es mejor separarlas por ese punto, aunque el programa sigue interpretando que se trata de una sola

viga. Por tanto, dado que las traviesas tendrán apoyos muy seguidos (posteriormente se determinará la distancia entre apoyos) simulando el apoyo continuo que supone el balasto, en el modelo la traviesa será un conjunto de vigas consecutivas de longitud muy pequeña. En consecuencia, en cada tramo de traviesa podemos adoptar el valor medio del canto en aquel tramo.

Por lo tanto, en el modelo de cálculo las vigas que representan las traviesas transversales seguirán los esquemas de las Figura 3.1.4 y Figura 3.1.5.

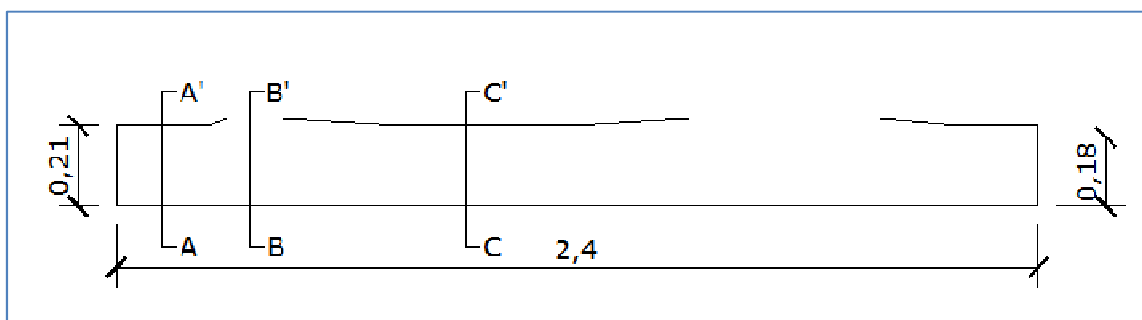


Figura 3.1.4: Dimensiones del alzado de una traviesa a introducir en el modelo (m), elaboración propia.

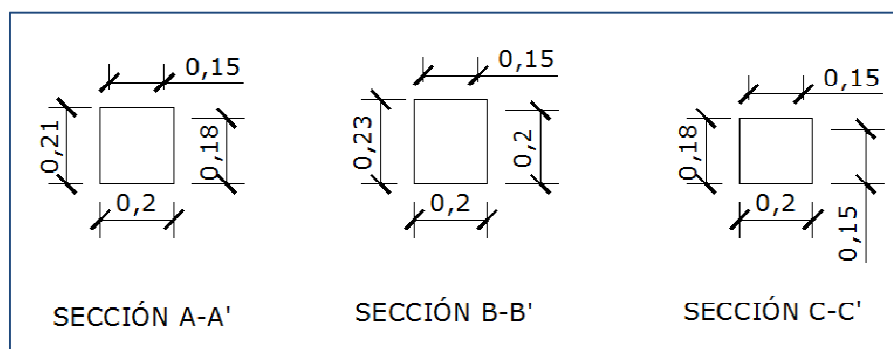


Figura 3.1.5: Dimensiones de las secciones representativas de una traviesa transversal a introducir en el modelo (m), elaboración propia.

Una vez modelizada la viga con el programa y dispuestos los puntos de apoyo sobre el balasto, la viga queda, como se ha comentado anteriormente, dividida en varias “subvigas” más cortas por estos puntos de apoyo. A cada una de estas “subvigas” se le asigna el valor medio del canto en su longitud.

En la Figura 3.1.6 se ilustra el modelo de las traviesas transversales.

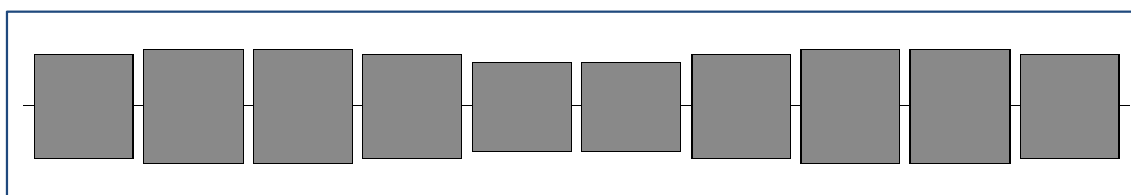


Figura 3.1.6: Vista en alzado de una traviesa transversal en el modelo de cálculo, elaboración propia.

3.1.2.2. Traviesas Longitudinales

En la parte longitudinal de las traviesas, el canto es constante (Figura 3.1.7, Figura 3.1.8), con lo que todos los tramos en los que queda dividida la traviesa tendrán el mismo canto. Por otra parte, también se asume como ancho el que hay en la mayor parte de la traviesa, sin tener en cuenta la reducción del mismo por el chaflán.

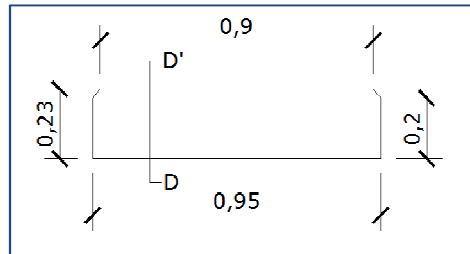


Figura 3.1.7: Vista en alzado de una traviesa longitudinal (m), elaboración propia.

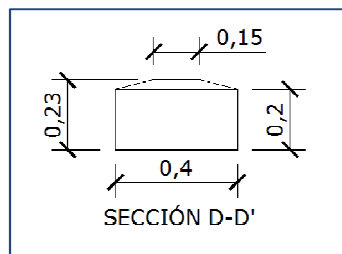


Figura 3.1.8: Sección de una traviesa longitudinal (m), elaboración propia.

En consecuencia, en el modelo de cálculo las traviesas longitudinales tendrán un ancho de 0,40m y un canto de 0,23m, tal y como se muestra en las Figura 3.1.9 Figura 3.1.10.

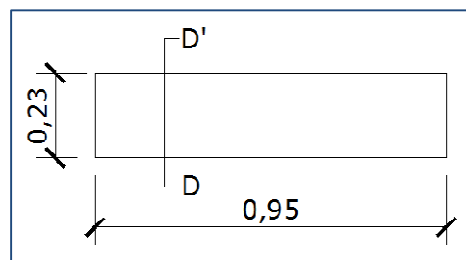


Figura 3.1.9: Dimensiones del alzado de una traviesa longitudinal a introducir en el modelo (m), elaboración propia.

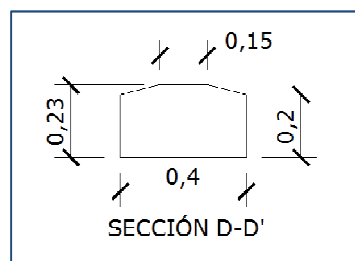


Figura 3.1.10: Sección de una traviesa longitudinal a introducir en el modelo. Cotas en metros.

Siguiendo el mismo criterio que el expuesto para las traviesas transversales (separando las vigas por los puntos de apoyo sobre el balasto), la representación de las traviesas longitudinales en el modelo se ilustra en la Figura 3.1.11.

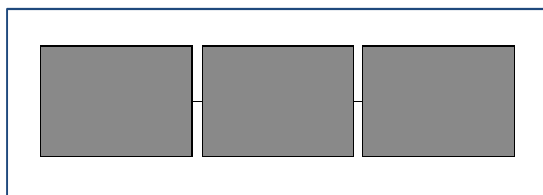


Figura 3.1.11: Vista en alzado de una traviesa longitudinal en el modelo de cálculo

Hay que destacar que las traviesas son de hormigón pretensado, pero debido al desconocimiento de la cuantía de armadura y el número de tendones, el programa hará los cálculos automáticamente en función de la necesidad de reforzar las vigas y de las cargas que tengan que soportar.

3.1.2.3. Placas de asiento

Las placas de asiento se colocan entre el carril y las traviesas para disminuir el nivel de presiones que llega a las traviesas, absorber las vibraciones y reducir el ruido que ocasiona el paso de los vehículos. Estos elementos están conformados por un material elastómero termoplástico y su rigidez vertical estática depende del tipo de placa:

- Placas blandas: $K < 80 \text{ KN/mm}$
- Placas medias: $80 < K < 150 \text{ KN/mm}$
- Placas duras: $K > 150 \text{ KN/mm}$

Las dimensiones principales se resumen en la Tabla 3.1.2. En la dimensión de la anchura se registra solamente la porción de placa de asiento funcional, en lo referente a propiedades de amortiguación y absorción de vibraciones; luego no estando incluidos los aletines de 2mm de vibración que posee la capa de asiento elástica.

La superficie de ambas caras de las placas elásticas de asiento está formada por una serie de oblongos de 8,45mm de ancho y 14mm de largo. Los oblongos tienen un espesor de 2mm y una conicidad de 10°. La misión de los oblongos es absorber los esfuerzos que se ocasionan en la circulación de los vehículos, proporcionando elasticidad a la vía. Su funcionamiento se asemeja al de los pequeños muelles que, con la aparición de cargas de compresión, se deforman, acortándose, absorbiendo de este modo parte de los esfuerzos. Es destacable que los oblongos de ambas caras de la placa no coinciden en posición de modo que no interfiere la actuación de los oblongos de una cara con los de otra, al estar colocados al tresbolillo.

Dimensiones	Valor (mm)
Ancho	148
Largo	180
Espesor	7

Tabla 3.1.2: Dimensiones de la placa de asiento, elaboración propia.

En la Figura 3.1.12 se puede observar una placa de asiento elástica.



Figura 3.1.12: Placa de asiento elástica con la sujeción montada sin el carril, extraído de [11]

Las placas de asiento se modelizarán como una viga de longitud muy corta, ya que en el programa no permite colocar un apoyo encima de otra viga (en este caso el carril está apoyado sobre la traviesa, que es otra viga). Las dimensiones que se introducirán en el programa se resumen en la Tabla 3.1.3. El ancho es de 150mm (2mm más que el valor real), para que coincida con el ancho del patín del carril.

Dimensiones (modelo)	Valor (mm)
Ancho	150
Largo	180
Espesor ⁹	7

Tabla 3.1.3: Dimensiones que se introducirán en el programa

⁹ El valor del espesor representará la longitud de la viga.

Para que las vigas que simbolizan las placas elásticas de asiento tengan el mismo efecto que las mismas, se les dará un módulo de elasticidad correspondiente al valor que suelen tener las placas de asiento.

Teniendo en cuenta que en una vía con traviesas cuadro la rigidez es mayor que en una vía convencional (vía sobre balasto), las placas de asiento deben jugar un papel importante a la hora de absorber los esfuerzos y las vibraciones; por tanto, teóricamente deben de ser más elásticas que en una vía sobre balasto con tal de conseguir este objetivo. En el caso de las vías en placa, esto aún adquiere más importancia.

Para el modelo se tomará una rigidez de 50KN/mm, que corresponde a una placa blanda. No obstante, en el programa se debe de introducir el módulo de elasticidad de la placa. A continuación, se deducirá una expresión que permite obtener el valor del módulo de elasticidad E en función de su rigidez, a partir de las siguientes ecuaciones (Ecuación 3.1 y Ecuación 3.2)

$$\sigma = \frac{F}{A} = E \cdot \varepsilon$$

Ecuación 3.1

$$F = K \cdot \delta$$

Ecuación 3.2

Donde:

- σ : tensión [KN/m²]
- E : módulo de elasticidad [KN/m²]
- ε : deformación
- F : fuerza [KN]
- A : área de la placa de asiento [m²]
- K : rigidez de la placa de asiento [KN/m]
- $\delta = \varepsilon \cdot l$: acortamiento de la placa de asiento [m]

Multiplicando por el espesor de la placa de asiento (l) a ambos lados de la Ecuación 3.1 se obtiene:

$$\frac{F \cdot l}{A} = E \cdot \varepsilon \cdot l = E \cdot \delta$$

Ecuación 3.3

Aislado el parámetro E se obtiene el valor del módulo de elasticidad en función de su rigidez,

$$E = \frac{F \cdot l}{\delta \cdot A} = \frac{K \cdot l}{A}$$

Ecuación 3.4

Finalmente, sustituyendo los valores en la Ecuación 3.4 se calcula el valor del módulo de elasticidad E de la placa de asiento que se corresponde con un valor de $K = 50\text{KN/mm}$

$$E = \frac{K \cdot l}{A} = \frac{50.000 \cdot 0,01}{0,15 \cdot 0,18} = 18518,52 \text{ KN/m}^2$$

En la Tabla 2.1.1 se resumen las características de las placas de asiento que han sido introducidas en el programa:

Características	Valor
Ancho	0,15m
Largo	0,18m
Espesor	0,007m
Densidad	950Kg/m ³
Peso específico	9,310 KN/m ³
Rigidez de la placa	50KN/mm
Módulo de elasticidad	18518,52KN/m ²
Coefficiente de expansión térmica	0,00008

Tabla 3.1.4: Propiedades de las vigas que simbolizan las placas de asiento en el modelo, elaboración propia.

3.1.2.4. Balasto, subbalasto y plataforma

Como ya es sabido, las traviesas se apoyan sobre el balasto, que al actuar como un lecho elástico, configura un apoyo elástico continuo tanto para las traviesas longitudinales como para las transversales. Dado que el programa no permite proporcionar un apoyo elástico continuo, se elaborará un modelo de apoyo discreto.

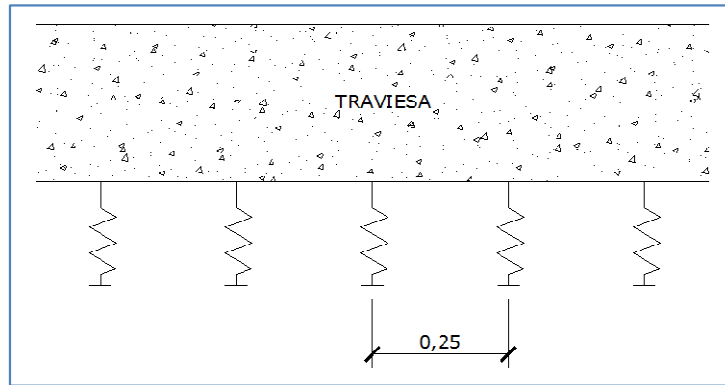


Figura 3.1.13: Disposición de los apoyos elásticos bajo las traviesas en el modelo (m), elaboración propia.

Por otra parte, la rigidez de los distintos apoyos elásticos vendrá dada por el coeficiente de balasto, el cual nos da una idea de la calidad del conjunto balasto, subbalasto y plataforma. En este caso, se adoptará un valor del coeficiente de balasto de $c = 10\text{kg/m}^3$, que corresponde a una plataforma de buena capacidad portante.

Para obtener la rigidez de cada apoyo a partir del coeficiente de balasto, se debe multiplicar el coeficiente en cuestión por una superficie [$k_d = c \cdot A_{rs}$]. Dicha superficie será la que corresponda a cada uno de los apoyos. En consecuencia, los apoyos tendrán una rigidez u otra en función del área de apoyo que ofrezcan las traviesas en el apoyo en cuestión.

En el esquema de la Figura 3.1.14 se indican en círculos naranjas los puntos donde se colocaran los apoyos en el modelo.

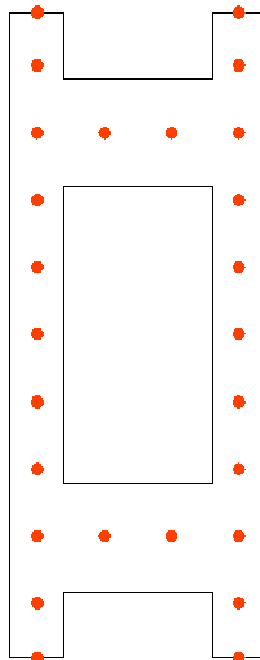


Figura 3.1.14: Disposición de los apoyos discretos bajo las traviesas en el modelo, elaboración propia.

De esta manera, a cada apoyo le corresponde una superficie determinada de la traviesa. En el esquema de la Figura 3.1.15 se ilustran y se numeran las seis áreas diferentes que se obtienen. En la Tabla 3.1.5 por su parte, se resumen estos seis valores para cada apoyo según la zona de la traviesa en la que se encuentran.

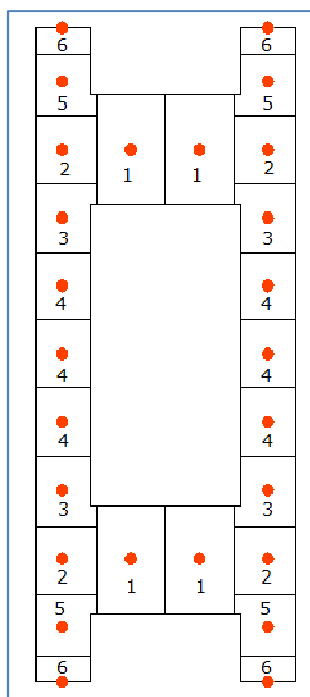


Figura 3.1.15: Superficie de traviesa correspondiente a cada apoyo discreto, elaboración propia.

Área de traviesa según apoyo	Valor del área de traviesa por apoyo (m ²)
A₁	0,1
A₂	0,0562
A₃	0,0519
A₄	0,05
A₅	0,0465
A₆	0,0196

Tabla 3.1.5: Valores de las áreas de apoyo de las traviesas correspondientes a los apoyos según la zona, elaboración propia.

A continuación se calcularán los valores de la rigidez correspondientes a cada uno de estos apoyos con el objeto de introducir su valor en el modelo, siguiendo la ecuación del modelo de apoyo discreto. Los valores obtenidos se sintetizan en la Tabla 3.1.6.

$$k_1 = c \cdot A_1 = 10^8 \frac{N}{m^3} \cdot 0,1m^2 = 10^7 \frac{N}{m} = 10 \text{ KN/mm}$$

$$k_2 = c \cdot A_2 = 10^8 \frac{N}{m^3} \cdot 0,562m^2 = 5,62 \cdot 10^6 \frac{N}{m} = 5,62 \text{ KN/mm}$$

$$k_3 = c \cdot A_3 = 10^8 \frac{N}{m^3} \cdot 0,519m^2 = 5,19 \cdot 10^6 \frac{N}{m} = 5,19 \text{ KN/mm}$$

$$k_4 = c \cdot A_4 = 10^8 \frac{N}{m^3} \cdot 0,1m^2 = 5 \cdot 10^6 \frac{N}{m} = 5 \text{ KN/mm}$$

$$k_5 = c \cdot A_5 = 10^8 \frac{N}{m^3} \cdot 0,1m^2 = 4,65 \cdot 10^6 \frac{N}{m} = 4,65 \text{ KN/mm}$$

$$k_6 = c \cdot A_6 = 10^8 \frac{N}{m^3} \cdot 0,1m^2 = 1,96 \cdot 10^6 \frac{N}{m} = 1,96 \text{ KN/mm}$$

Rigidez de cada apoyo	Valor de la rigidez de cada apoyo (KN/mm)
k_1	10
k_2	5,62
k_3	5,19
k_4	5
k_5	4,65
k_6	1,96

Tabla 3.1.6: Valores de la rigidez de los apoyos en función de la zona, elaboración propia.

Hay que recordar que estos valores de rigidez corresponden a cada uno de los apoyos discretos que se han dispuesto, y no deben ser confundidos con el valor de la rigidez total de la vía. Posteriormente, tras efectuar los cálculos del modelo y obtener los valores de los asientos, se determinará el valor de la rigidez total de la vía en la zona de transición.

3.2. MODELIZACIÓN DEL EMPARRILLADO DE LA VÍA

Una vez descritos todos los elementos que forman parte de la vía de ferrocarril y como se van a modelizar, se procederá a diseñar el conjunto del emparrillado de la vía en el modelo que se va a efectuar con el programa **SAP 2000**.

El modelo consistirá en un tramo de vía con 8 traviesas o, lo que es lo mismo, de 8 metros de longitud. Esta longitud es suficiente para representar las deformaciones de la vía cuando se ve sometida a las cargas de los vehículos, puesto que, según el método de Zimmerman, en una vía convencional una carga estática de 8,5t (carga por eje del talgo 350M) afecta a una longitud equivalente de 6 o 7 traviesas, es decir, unos 4 metros aproximadamente. Entonces, como en una vía con traviesas cuadro el apoyo del carril sobre las traviesas es continuo (casi continuo en el modelo), las cargas se repartirían sobre más puntos, la rigidez de la vía será mayor y, presumiblemente, se verá afectada una longitud de vía menor.

Para empezar, las traviesas cuadro estarán formadas por cuatro vigas dispuestas en forma de doble H, con apoyos elásticos separados 25cm entre ellos (estos apoyos se simbolizan con puntos verdes tal y como se representa en la Figura 3.2.1)

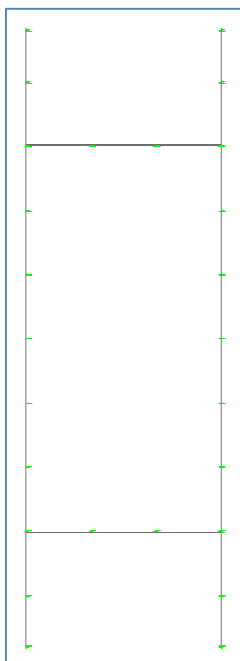


Figura 3.2.1: Vista en planta de una traviesa cuadro en el modelo, elaboración propia.

Tal y como se ha comentado anteriormente, las vigas que forman las traviesas quedan divididas en tramos por los puntos de apoyo elásticos. Entonces, como las traviesas transversales tienen un canto variable, a cada tramo le asignamos el canto medio representativo del tramo, tal y como se ilustraba en la Figura 3.1.6. En las traviesas longitudinales en cambio, el canto es constante.

En la Figura 3.2.2 se representa el esquema de viga de una traviesa transversal, así como sus apoyos sobre el balasto. Un aspecto a comentar es que la distancia de los apoyos de los

extremos de las traviesas a sus apoyos contiguos es inferior (20cm) a la distancia entre el resto de los apoyos (25cm) por el hecho de que la viga termina en esos puntos.

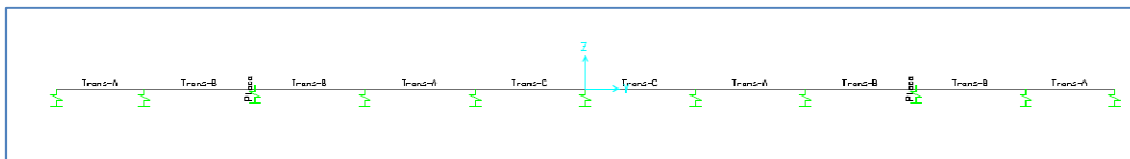


Figura 3.2.2: Esquema de viga de una traviesa transversal y sus apoyos sobre el balasto, elaboración propia.

Por lo que respecta a la disposición del conjunto de las traviesas cuadro, es necesario destacar que las caras externas de dos traviesas consecutivas están separadas unos 5cm aproximadamente, ya que no se ponen tocando la una con la otra para evitar rozamientos entre ellas. Esto quiere decir que la distancia entre ejes de las vigas de dos traviesas consecutivas es de 25cm, la misma que la distancia entre apoyos. En la Figura 3.2.3 se representa el conjunto de traviesas cuadro dispuesto longitudinalmente con sus respectivos puntos de apoyo sobre el balasto.

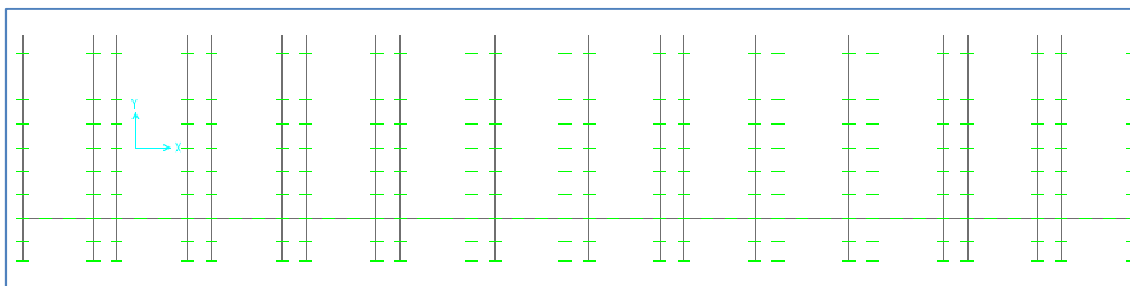


Figura 3.2.3: Vista en planta del conjunto de las traviesas cuadro en el modelo (ampliada), , elaboración propia.

En referencia al carril, se modeliza también mediante dos vigas, una para cada hilo de carril, las cuales se dividen en diversos tramos por los puntos de apoyo en las placas de asiento. A su vez, éstas se modelizan con vigas verticales de 7mm de longitud que van desde el carril hasta las traviesas longitudinales. En la Figura 3.2.4 se muestra un esquema del perfil longitudinal del conjunto de la vía, donde las líneas verticales verdes simbolizan los apoyos sobre el balasto.

En dicha figura se encuentra representada una traviesa longitudinalmente, en particular, donde se ve con mayor detalle la disposición de las placas de asiento entre el carril y la traviesa. La viga horizontal de color lila situada en la parte superior simboliza el carril, mientras que la situada en la parte inferior representa la traviesa longitudinal (de color verde). Finalmente, las líneas rojas verticales representan la placa de asiento.

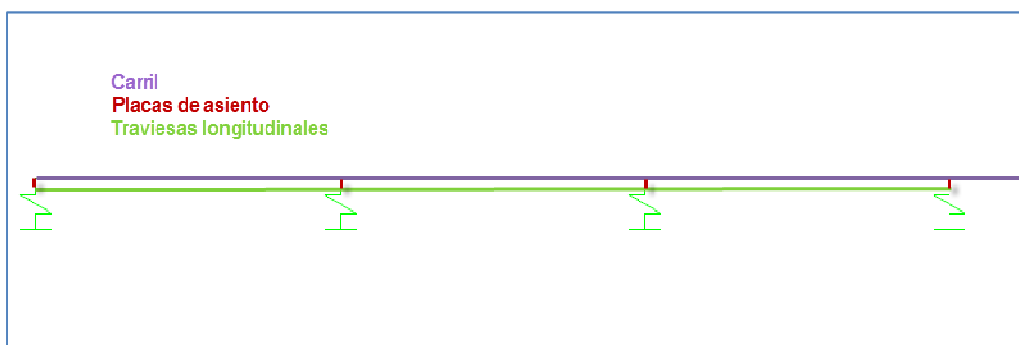


Figura 3.2.4: Esquema de viga del carril, las traviesas longitudinales y sus apoyos sobre el balasto, elaboración propia.

A continuación, se muestra un esquema más detallado de la placa de asiento situada entre el carril y la traviesa (Figura 3.2.5)

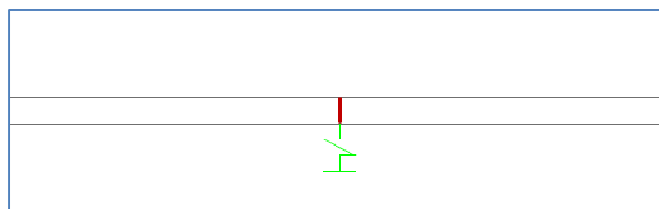


Figura 3.2.5: Detalle placa de asiento, elaboración propia.

Finalmente, se presenta el esquema en tres dimensiones del conjunto de la transición, incluyendo todos sus elementos: carriles, placas de asiento, traviesas cuadro, y apoyos elásticos (Figura 3.2.6).

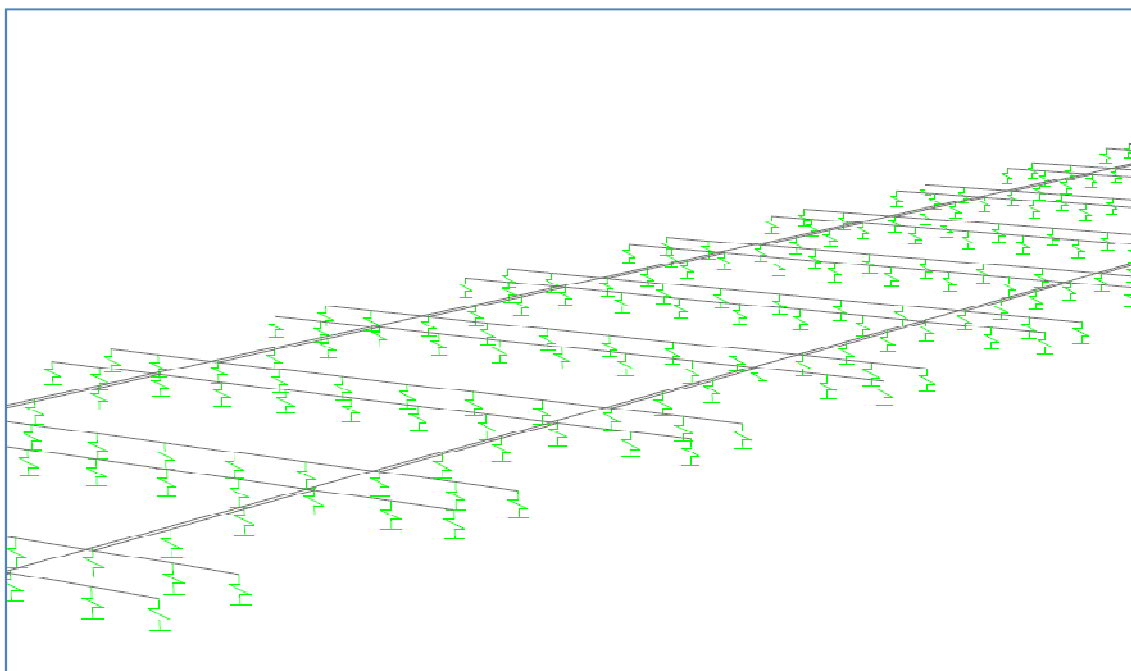


Figura 3.2.6: Esquema del conjunto de carriles, las placas de asiento, las traviesas cuadro y sus apoyos sobre el balasto, elaboración propia.

3.3. RIGIDEZ VERTICAL DE LAS TRAVIESAS CUADRO

A continuación se analizará el comportamiento mecánico del modelo. El objetivo es obtener la rigidez vertical de la vía para poder modelizar las traviesas cuadro como elemento de transición tal y como se mostrará en capítulos posteriores.

La rigidez total del conjunto de la vía incluye la de todos los elementos que conforman la vía, es decir, el carril, las traviesas, el balasto, el subbalasto y la plataforma. Para obtener el valor de la rigidez total de la vía se emplea la Ecuación 3.5.

$$k_{tot} = \frac{Q}{w_{max}}$$

Ecuación 3.5

Cabe destacar que para obtener la rigidez de la vía es suficiente con aplicar al modelo la carga de un eje ya que es un parámetro que depende de los elementos que conforman la vía y no de las cargas aplicadas. En este caso, se aplicará al modelo en cuestión una carga dinámica por rueda de 127,5 kN (ver Tabla 2.1.4 para una velocidad de 350 km/h). Al ejecutar el modelo con las correspondientes cargas, se obtendrá la respuesta por parte de la vía y se obtendrán las deflexiones del carril y las traviesas. Finalmente, se obtendrá el valor de la rigidez total de la vía mediante la carga aplicada y la deflexión máxima.

3.3.1. APLICACIÓN DE LA CARGA POR UN EJE

Para obtener la rigidez de la vía se aplicará la carga de un vehículo a ejes (sin bogies) y se trabajará únicamente con cargas dinámicas, puesto que son las que proporcionan mayores sollicitaciones a la vía.

A continuación en la Figura 3.3.1, se muestra la vía con las cargas dinámicas aplicadas en cada hilo de carril.

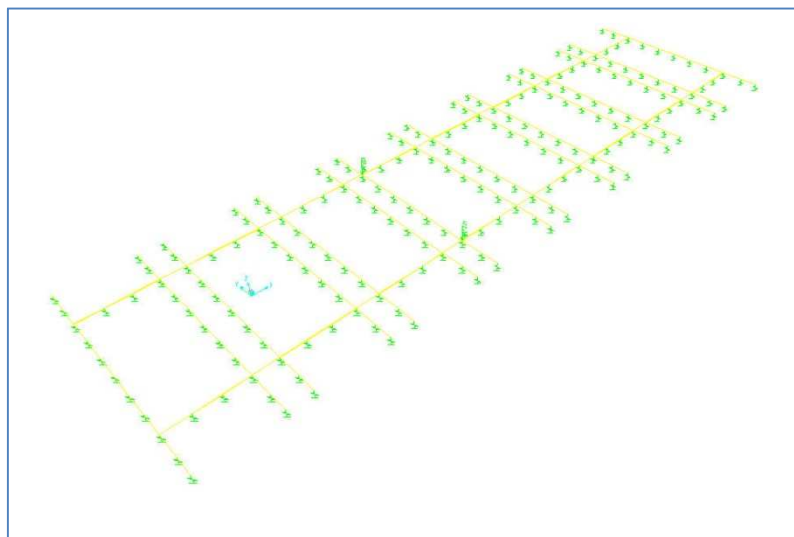


Figura 3.3.1: Esquema del modelo con las cargas aplicadas, de 127,5 kN

El hecho de que se hayan aplicado las cargas en los extremos de las traviesas no hace perder generalidad al problema, ya que se obtienen resultados muy similares si se aplican en puntos intermedios, obteniendo diferencias tan pequeñas que son despreciables.

3.3.2. ASIENTOS MÁXIMOS

En cuanto a los asientos máximos, se obtiene la deformada se muestra en la Figura 3.3.2.

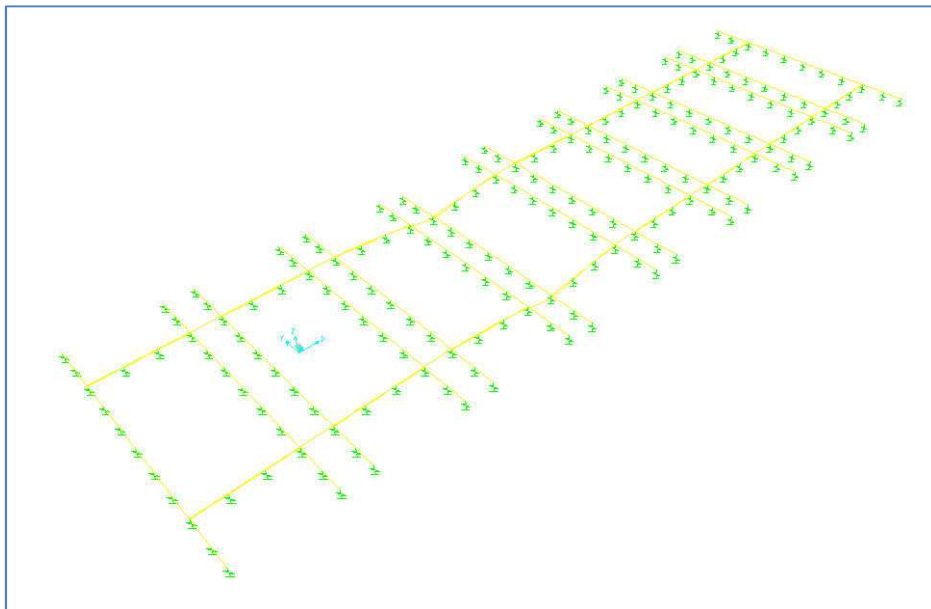


Figura 3.3.2: Deformada obtenida bajo la acción de la carga de un eje. Factor de escala 1:40

La curva de deflexión del carril obtenida se muestra en la Figura 3.3.3.

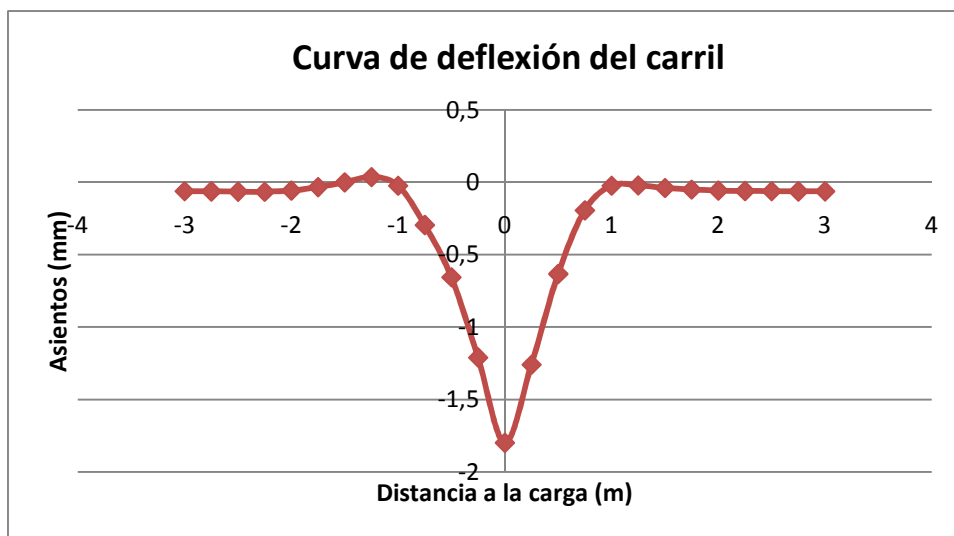


Figura 3.3.3: Curva de deflexión del carril, elaboración propia.

Se observa que se produce una onda de levante, y que la longitud de la vía afectada es de unos 3 metros lo que concuerda con los valores expuestos en Tabla 2.1.5 (Área de influencia de una carga).

El asiento máximo se obtiene lógicamente en el punto de aplicación de la carga. El valor que se obtiene es el siguiente:

$$w_{max} = 1,8 \text{ mm}$$

3.3.3. RIGIDEZ VERTICAL DE LA VÍA

La rigidez vertical de la vía es un parámetro muy importante a la hora de analizar el comportamiento de la misma. Para ello se usará el **modelo del apoyo elástico discreto**, que se explica a continuación:

Se considera la situación de un carril apoyado de forma discreta en varios puntos, que serán las traviesas. Entre la fuerza vertical $F(x_i)$ en un apoyo ($x = x_i$) y el asiento $w(x_i)$, existe la siguiente relación, de acuerdo con *Winkler*:

$$F(x_i) = c \cdot A_{rs} \cdot w(x_i) = k_d \cdot w(x_i)$$

Siendo A_{rs} el área de apoyo efectiva de carril, que en este caso es el área de apoyo que ofrecen las traviesas sobre el balasto. En el caso de traviesas bloque esta área de apoyo se considera la superficie del bloque de la traviesa. Por su parte, en las traviesas monobloque se toma la mitad de la superficie de la traviesa menos 50 o 60cm, ya que la parte central de las traviesas no trabaja como apoyo del carril, o bien se toma como superficie la correspondiente a una longitud de la traviesa igual a dos veces la distancia del punto de apoyo del carril al extremo exterior de la traviesa.

Por lo tanto la rigidez vertical del apoyo es:

$$k_d = c \cdot A_{rs}$$

Según *Esvel*, la constante de elasticidad del apoyo se determina aplicando la condición de equilibrio:

$$k_d = \frac{\sum F}{\sum Q} = \frac{Q}{\sum w}$$

Donde:

- Q: carga vertical por rueda [N]
- $\sum w$: suma de todos los desplazamientos medidos en las inmediaciones de la carga (asientos de las traviesas que se ven afectadas por dicha carga) [m]

Cabe destacar que esta constante de elasticidad k_d es sólo una propiedad del apoyo y no se debe confundir con la constante de elasticidad del conjunto de la vía o rigidez total de la misma, que se muestra en la siguiente expresión:

$$k_{tot} = \frac{Q}{w_{max}}$$
$$k_d = \frac{w_{max}}{\sum w} k_{tot}$$

Donde siempre $k_d < k_{tot}$. El valor de la tensión en la parte inferior de la traviesa en el modelo de apoyo discreto es por tanto,

$$\sigma_{rs}(x_i) = \frac{F(x_i)}{A_{rs}}$$

Por lo tanto, la rigidez se obtiene mediante la relación entre la carga aplicada en un hilo de carril y el asiento máximo que experimenta el propio carril.

$$k_{tot} = \frac{Q}{w_{max,carril}} = \frac{127,5}{1,8} = \mathbf{70,1\ KN/mm}$$

4. ESTUDIO DE LA TRANSICIÓN

En el siguiente capítulo se describe como se realiza la transición de vía balasto a vía en placa. Tal y como se ha comentado anteriormente, el problema reside en el cambio brusco de rigidez entre ambas tipologías de vía. Por lo tanto, se propone el usar un tramo intermedio de traviesas cuadro con tal de realizar de forma gradual el cambio de rigidez.

A continuación se explica cual es el comportamiento estructural de la vía en placa con tal de llevar a cabo un análisis de la transición mediante el **SAP 2000** (software para el cálculo de estructuras). Este programa permite determinar leyes de esfuerzos y deformaciones de una estructura formada por vigas, empleando matrices de rigidez y resolviendo sus correspondientes ecuaciones.

4.1. TRANSICIÓN VÍA DE BALASTO – VÍA EN PLACA

Tal y como se ha dicho con anterioridad, el punto de partida sobre el cual se pretende obtener resultados en la presente tesina es la **plataforma**. Debido a las diferencias en la rigidez de los materiales empleados los esfuerzos solicitantes sobre la plataforma son diferentes en uno y otro caso. Por lo tanto, las zonas de transición tienen una vital importancia ya que del mismo modo que las solicitaciones llegan de forma diferente sobre la plataforma los efectos sobre el carril también son distintos influyendo de manera directa sobre la calidad de la vía.

En la presente tesina se propone ejecutar la transición de vía de balasto a vía en placa usando como elemento base traviesas cuadro, que tienen una rigidez intermedia, inferior a la de la vía en placa pero superior a la de la vía de balasto.

4.1.1. SECCIÓN LONGITUDINAL DE LA TRANSICIÓN

La transición de una tipología de vía a otra tiene que ser lo más gradual posible para interferir lo mínimo posible en la calidad de la vía. No existe una normativa específica, pero se seguirán las siguientes recomendaciones extraídas de la bibliografía consultada:

- Evitar realizar las transiciones placa – balasto sobre transiciones de infraestructura.
- Adaptación de la rigidez en tres etapas, en una longitud total de $L[m] = 1,2V[m/s]$
- Evitar el balasto encolado
- Instalar carriles suplementarios para mejorar el reparto de cargas
- La zona de transición abastará una longitud mínima de $0,4V[m]$ siendo V la velocidad de circulación del tramo en km/h
- No se tendrán que realizar cruces transversales en la vía para conducciones.
- Aglutinar o estabilizar el balasto inmediatamente contiguo a la vía hormigonada con resinas sintéticas o ligantes.
- Instalar una falca asfáltica compuesta por 3 capas superpuestas de longitud l , $2/3l$ y $1/3l$ sobre la plataforma, siendo $l=0,4V$.

Tal y como se ha dicho anteriormente, en la presente tesina se propone usar traviesas cuadro para realizar la transición de vía sobre balasto a vía en placa aprovechando la rigidez intermedia de las mismas. La longitud de la transición vendrá determinada por la velocidad de circulación. En la Tabla 4.1.1 se muestra la longitud adecuada para cada velocidad siguiendo las recomendaciones propuestas. Considerando una separación de 60cm entre traviesas, se muestra también el número aproximado de traviesas del que se compondría el conjunto de la transición.

V(km/h)	V(m/s)	$L(m) = 1/2V(m/s)$	Traviesas	$L(m)=0,4V(km/h)$	Traviesas
200	55,56	27,78	47	80	134
250	69,44	34,72	59	100	167
300	83,33	41,67	70	120	200
350	97,22	48,61	81	140	234

Tabla 4.1.1: Longitudes de transición en función de la velocidad proyectada y número de traviesas afectadas

De esta tabla se concluye que una vez proyectada la zona de transición no es posible incrementar la velocidad de circulación sin realizar las pertinentes actuaciones sobre la vía.

La zona de transición se considera que empieza a 3m del final de la vía en placa. A partir de este punto, que comprende las 5 últimas traviesas, se delimita el punto final donde acaba la transición y empieza la vía sobre balasto convencional.

La recomendación de que la longitud de la transición no sea inferior a $0,4V$ en km/h es mucho más restrictiva tal y como puede observarse en la Tabla 4.1.1, y es para casos en los que no se usa una placa de asiento específica ni suelas bajo la traviesa. Este tipo de transición sería más adecuada para vías de carácter urbano, por lo que se seguirá la recomendación que propone $L(m) = 1/2V(m/s)^{10}$.

4.1.1.1. Actuaciones sobre la infraestructura

El primer obstáculo a salvar es la diferencia de espesor que presenta cada tipo de vía (Tabla 4.1.2).

¹⁰ Propuesta en el Seminario de Superestructura de vía en placa, Madrid 26 de Noviembre de 2009.

Tipo de vía	Rango de espesores
Rheda 2000	0,493 – 0,540 (m)
Vía sobre balasto	0,771 – 0,950 (m)

Tabla 4.1.2: Espesores en función del tipo de vía

El espesor de la vía con las traviesas cuadro es del mismo rango que cuando se usan traviesas convencionales, ya que las mismas están apoyadas también sobre una base de balasto. Por consiguiente, es necesario adoptar medidas adicionales en la transición para salvar la diferencia de cota con la sección de vía en placa.

Con objeto de salvar gradualmente la diferencia de espesores se construye una artesa que une la cota inferior de la vía en placa con la cota inferior de la capa sobre balasto. La longitud de la artesa es variable en función de la velocidad de proyecto de la vía y de otros factores como la presencia de viaductos o aparatos de desvío en zonas cercanas, pero en general abarcará un total de 15 traviesas. En el inicio de esta se construye un muro de 1 metro de ancho que delimita e final de la losa inferior de la vía en placa.

La artesa además funciona como losa inferior permitiendo una transición gradual de los espesores de hormigón que hay bajo la vía, es decir, en el inicio de la artesa el espesor del balasto es aproximadamente de 25cm y al final de la misma es de 35 (bajo traviesa). Eso se consigue dando una inclinación del 1% a la cara superior de la artesa. Por lo que respecta al espesor de la artesa, varía des de los 60cm en el punto más cercano a la vía en placa hasta los 45-50cm cuando entra en contacto con el subbalasto.

Con objeto de confinar el balasto, la artesa se acompaña por unos muretes a lado y lado de cada vía y situados a 37cm de cada carril. El muro de la parte exterior es desmontable con tal de facilitar las operaciones de mantenimiento y funciona como un encofrado. El muro inferior es de hormigón y tiene un espesor de 20cm. Es importante que el balasto esté confinado al máximo para evitar encolarlo, ya que es mejor de cara a las operaciones de mantenimiento.

4.1.1.2. Actuaciones sobre la superestructura: Traviesas cuadro

Así como las actuaciones en el apartado anterior estaban relacionadas con el balasto y la plataforma, en este apartado se describe las relacionadas con el carril y las traviesas.

Con tal de garantizar una variación gradual de la rigidez, se dispondrán **traviesas cuadro** en toda la longitud de la transición.

La traviesa cuadro es un conjunto cerrado que contiene dos traviesas situadas longitudinalmente bajo los carriles que son unidas, a cada uno de sus extremos, por una traviesa transversal, con lo que se forma un conjunto con forma de doble H. Debido a la

presencia de traviesas en dirección longitudinal, la vía adquiere una rigidez mayor a la existente con el uso de traviesas convencionales.

A parte del uso de las traviesas cuadro, se realizarán también las siguientes actuaciones sobre la superestructura de la vía con tal de optimizar el comportamiento de la transición. En cuanto a los carriles, se sitúan adicionales en la parte central para que actúen a modo de riostra. Además, las placas de asiento deben de jugar un papel importante a la hora de absorber esfuerzos y vibraciones (en el caso de la vía en placa adquieren aún más importancia); por tanto, deberán ser más elásticas que en la vía sobre balasto convencional.

4.1.2. DIMENSIONES PARA CADA ZONA DE LA TRANSICIÓN

Para determinar el largo de cada elemento se define el mismo en función de la longitud de la artesa. A modo de referencia, se usan las transiciones del túnel de Guadarrama como a ejemplo a seguir. En este caso el largo de la artesa es aproximadamente un 25-30% del total de la transición.

En un tramo longitudinal se pueden diferenciar 3 zonas:

- Zona de vía en placa
- Zona de traviesas cuadro
- Zona de balasto

A continuación se define cada una de estas zonas en función de las recomendaciones comentadas anteriormente asignándole a cada una longitud L_i en función de la zona a la que pertenezca. La longitud total de la transición se obtiene como la suma de todas ellas:

$$L_T = L_1 + L_3 + L_4$$

Ecuación 4.1

- Zona de vía en placa (L_1)

La afectación sobre la vía en placa solo se produce en una longitud de 3m. Esta longitud se mantiene constante independientemente de la velocidad de proyecto de la transición dado que la única actuación que se realizará sobre esta zona es la colocación de la riostra, a modo de carril adicional, que afectará a 5 traviesas de la vía en placa.

$$L_1 = 3 \text{ m}$$

Ecuación 4.2

- Zona de traviesas cuadro

La longitud de este tramo será el parámetro que condicione el largo del resto de zonas. En la transición realizada en el túnel de Guadarrama, la longitud es el 24% del total en la boca norte y del 30% en la boca sur. En ese caso, no se usaron traviesas cuadro para la transición y luego se disponía de una zona adicional contigua para permitir la variación gradual del espesor. En

este caso se propone realizar el global de la transición usando traviesas cuadro, por lo que se tomará como hipótesis un valor mayor del porcentaje total.

$$L_2 = 0,40 \cdot L_T$$

Ecuación 4.3

- Zona de balasto

La longitud de este tramo se obtiene restando a la longitud total de la transición la suma de las correspondientes a la vía en placa y las traviesas cuadro. En este tramo, la sección transversal ya es la típica de una vía de balasto para alta velocidad.

$$L_3 = L_T - (L_1 + L_2)$$

Ecuación 4.4

Una vez determinada la longitud genérica de cada tramo, ya es posible determinar en función de la velocidad las dimensiones concretas (Tabla 4.1.3). Se adoptará la recomendación extraída de [5], según la cual $L_T(m) = 1/2V(m/s)$ que es adecuada puesto que se usaran placas de asiento específicas y suelas bajo traviesa.

V(km/h)	L ₁ (m)	L ₂ (m)	L ₃ (m)	L _T (m)	L ₁ (núm.)	L ₂ (núm.)	L ₃ (núm.)	L _T (núm.)
200	3	11,1	13,7	27,8	5	18	24	47
250	3	13,9	17,8	34,7	5	23	31	59
300	3	16,7	22	41,7	5	28	37	70
350	3	19,4	26,2	48,6	5	32	41	81

Tabla 4.1.3: Dimensiones de cada en función de la velocidad

Para evaluar el número de traviesas afectadas se ha considerado que no varía la distancia entre traviesas y que se mantiene constante a 60cm en la totalidad de la transición. El hecho de definir cada tramo en función del número de traviesas da una idea más concisa dado que se trabaja con números enteros y permite una cuantificación más práctica de las afecciones, ya que cada elemento de la superestructura se puede relacionar con la correspondiente traviesa.

4.2. FUNCIONAMIENTO ESTRUCTURAL

Para determinar los esfuerzos que producen el paso de los vehículos es necesario saber cómo es el comportamiento estructural de la plataforma. Por una parte, se debe conocer como es la distribución longitudinal sobre las traviesas para poder determinar los esfuerzos sobre la losa y finalmente la distribución sobre la plataforma.

La carga transmitida por el eje del vehículo se transmite sobre las traviesas según la distribución de cargas indicadas en:

- Eurocódigo 1, parte 2: UNE EN 1991-2 (2004), Cargas de tráfico sobre puentes.
- IAPF: Instrucción sobre las acciones a considerar en puentes de ferrocarril.

Según estas normativas la distribución de carga sobre las traviesas es como la indicada en la Figura 2.1.7. La mitad de la sollicitación $Q/2$ (50%) sobre la traviesa inmediatamente inferior y una cuarta parte $Q/4$ (25%) sobre las traviesas contiguas.

Por su parte, la distribución sobre el terreno y los esfuerzos en la losa se pueden analizar según la *teoría de la viga sobre fundación elástica*.

Así pues, a continuación se determina la carga que produce un vehículo tipo sobre una vía en placa. Es necesario recordar que el eje tipo es de 17t, y en consecuencia el peso por eje es de 8,5t. Entonces teniendo en cuenta el factor de ampliación por velocidad, las cargas dinámicas son las de la Tabla 4.2.1.

V (km/h)	Q_E (t)	$f(v)$	Q_D (t) = $Q_E \cdot f(v)$
200	8,5	1,41	11,99
250	8,5	1,45	12,33
300	8,5	1,49	12,67
350	8,5	1,53	13,01

Tabla 4.2.1: Cargas dinámicas para cada velocidad

Siguiendo el mismo razonamiento del apartado 2.1.3.2 (Área de influencia de una carga), pero con las consideraciones correspondientes a la vía en placa, se obtiene la distribución de una carga vertical sobre las traviesas que se muestra en la Tabla 4.2.2.

Velocidad (km/h)	Carga Q(t)	Carga (t) en función de la posición de la traviesa		
		-0,60 (m)	0 (m)	0,60 (m)
0	8,5	2,125	4,25	2,125
200	11,99	2,9975	5,995	2,9975
250	12,33	3,0825	6,165	3,0825
300	12,67	3,1675	6,335	3,1675
350	13,01	3,2525	6,505	3,2525

Tabla 4.2.2: Solicitaciones estáticas y dinámicas sobre las traviesas afectadas en la vía en placa

Si se compara la Tabla 4.2.2 con su análoga para la vía sobre balasto (Tabla 2.1.5) se puede observar que debido a la mayor elasticidad de la sujeción de la placa, 22,5 kN/mm frente a 80

kN/mm, se produce una mayor afectación sobre las traviesas. Cuantitativamente se trata de un aumento de la carga del 25% sobre las traviesas inmediatamente inferiores y del 8,7% sobre las contiguas.

4.2.1. RIGIDEZ DE LA INFRAESTRUCTURA DE LA TRANSICIÓN

La rigidez vertical tanto de la plataforma, el sub-balasto y el balasto depende de las propiedades de los elementos introducidos en estos conjuntos, las propiedades de las capas y el espesor de estas. Además de ello, la relación de las rigideces de estos elementos son difíciles de constatar y difíciles de variar de forma sencilla al haber una gran relación entre ellos.

Como ya se ha visto, en las zonas en las que se produce un cambio de una infraestructura a otra se pueden definir tres partes claramente diferenciadas a nivel de infraestructura (Figura 4.2.1):

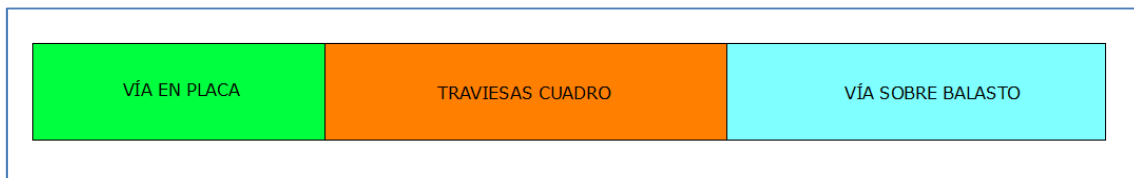


Figura 4.2.1: Diferentes zonas presentes en la infraestructura de la transición

Llevando a cabo una analogía con el dimensionamiento de firmes para carreteras, una zona de transición es aquella que permite el paso de un firme rígido (vía en placa) a otro flexible (vía sobre balasto) pasando por un tramo semirígido (traviesas cuadro). Para poder aplicar las hipótesis y fórmulas para su dimensionamiento se supone que todas las capas se apoyan sobre un semiespacio indefinido de Boussinesq, que en este caso se trata de la plataforma ferroviaria.

Dado que se está estudiando la transición para las líneas de alta velocidad y por tanto la plataforma tiene que ser de alta calidad, se determina que la capacidad portante de esta es de 120 MPa.

4.2.1.1. Método de Winkler

Uno de los métodos de cálculo más utilizados para modelizar la interacción entre estructuras y el terreno es el que supone el suelo como un equivalente a un número infinito de muelles elásticos donde cada uno tiene una rigidez correspondiente a su modelo de balasto. Según el método Winkler, la relación entre la presión de contacto (q) y el desplazamiento (δ), en este caso el asiento, es la dada por la Ecuación 4.5.

$$K = \frac{q}{\delta} [kN/mm]$$

Ecuación 4.5

El comportamiento estructural de este método de cálculo es el correspondiente a la siguiente Figura 4.2.2:

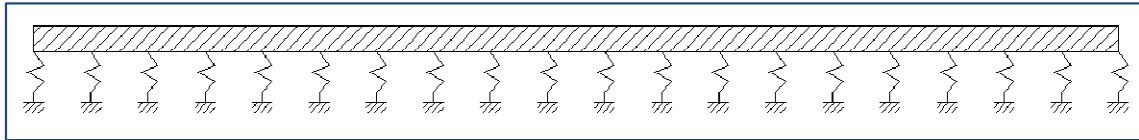


Figura 4.2.2: Representación del método de Winkler, elaboración propia.

Este sistema estructural es exactamente el correspondiente al emparrillado de una vía, en el cual el carril está representado por una viga y el conjunto de capas que forman la infraestructura por un número infinito de muelles de rigidez “K”. Otro modo de caracterizar la rigidez es mediante el coeficiente de balasto “c”.

4.2.1.2. Características mecánicas de los materiales y condiciones de contorno

Para poder realizar el cálculo de la rigidez de la infraestructura en cada tramo de vía antes que nada es necesario conocer cuál es la rigidez de cada uno de los elementos estructurales que hay en cada punto. Las propiedades que definen cada material vienen determinadas por los siguientes parámetros:

- **Módulo de Young (E):** caracteriza el comportamiento elástico según la dirección en la que se aplica la fuerza.
- **Coeficiente de Poisson (ν):** es una constante elástica que proporciona una medida del estiramiento de una sección prismática, de un material elástico lineal e isótropo, cuando se estira longitudinalmente y se encoge en la dirección perpendicular al estiramiento.
- **Densidad (ρ):** magnitud referida a la cantidad de masa por unidad de volumen.
- **Cohesión (C):** es la calidad para la cual las partículas del terreno se mantienen unidas en virtud de las fuerzas internas.
- **Ángulo de fricción (φ):** es el ángulo que forma una pila de material granular en reposo.
- **Rigidez vertical (K):** es la capacidad de un objeto de soportar esfuerzos sin deformarse en exceso (Figura 4.2.3)

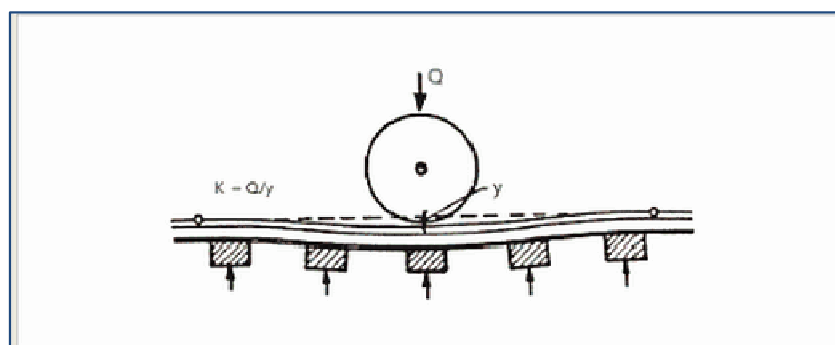


Figura 4.2.3: Concepto rigidez vertical de la vía

- **Coefficiente de balasto (c):** es el asentamiento que se produce por la acción de una unidad de presión.

En la Tabla 4.2.3 se resumen las propiedades definidas de los principales materiales utilizados para la construcción de vías de ferrocarril.

Material	E(MPa)	ν	ρ (kg/m ³)	K(KN/mm)	c(N/mm ³)
Balasto	110, 150-270	0,20	1280 – 1800	45	-
Subbalasto	200	0,20	1800	65	
Grava	69 – 175	0,15 – 0,35	1700	-	
Arena	17 – 27	0,25 – 0,40	1800	-	
Plataforma	120	0,2	-	0,6667 KN/mm ²	0,10 – 0,15
Hormigón	29780	0,2	2500	16,54 KN/mm ²	0,12 – 0,14

Tabla 4.2.3: Características elásticas de cada material

- **Módulo de elasticidad confinado (E_m):** se trata del módulo de elasticidad cuando un material tiene movimientos sobre los ejes horizontales muy limitados o prácticamente nulos. Este caso es el correspondiente a la zona de transición (traviesas cuadro) en la cual el movimiento lateral del balasto está limitado por los muros exteriores y el movimiento longitudinal por la cabeza de la vía en placa.

$$E_m = \frac{E(1 - \nu)}{(1 + \nu)(1 - 2\nu)}$$

Ecuación 4.6

Para el caso concreto del balasto, aplicando la Ecuación 4.6, el valor que se obtiene para el módulo confinado es el siguiente:

$$E_m = 122 \text{ MPa}$$

Realizando la hipótesis de que en todos los casos se trata de materiales homogéneos, isotrópicos y lineales, entonces el valor de la rigidez para elementos en forma de barra se puede obtener a partir de la Ecuación 4.7.

$$K = \frac{E}{3(1 - 2\nu)} [N/mm^2]$$

Ecuación 4.7

Para simplificar los cálculos se supone que todos los materiales tienen este comportamiento homogéneo, isotrópico y lineal, de modo que para todos los casos sea aplicable la Ecuación 4.7.

En caso de que se esté estudiando el comportamiento de una losa, para el caso de una placa delgada de espesor constante (*modelo de Love – Kircchoff*) la única rigidez relevante es la relativa a las deformaciones provocadas por la flexión bajo una carga perpendicular. Esta rigidez se conoce como **rigidez flexional de placas** y viene dada por la Ecuación 4.8

$$D = \frac{E \cdot h^3}{12 \cdot (1 - \nu^2)} [N/mm]$$

Ecuación 4.8**4.2.1.3. Rigidez vertical de cada tramo de la infraestructura**

A partir de las fórmulas y teorías definidas en los apartados previos y aplicando la teoría del coeficiente de rigidez del apoyo, se puede obtener la rigidez específica de cada tramo definido del pavimento.

- **Rigidez de la placa**

En la sección de vía en placa hay dos capas de hormigón, por una parte la solera inferior y encima lo que sería la placa en sí. En total pues, se tiene una capa de 30cm de espesor más una de 24cm. Con objeto de simplificar los cálculos se supone que las dos capas trabajan monolíticamente de tal modo que en total hay una capa de 54cm de espesor que se apoya sobre la plataforma. Si se aplica la Ecuación 4.9 usando los parámetros de la Tabla 4.2.3 se obtiene la rigidez del tramo de vía en placa:

Capas	Espesor (cm)	K (KN/mm)	Rigidez equivalente
Hormigón	24	-	K _{eq} =120 – 150 KN/mm c=0,60N/mm ³
Hormigón	30	-	

- **Rigidez de las traviesas cuadro**

En una vía con traviesas cuadro resulta intuitivo pensar que tendrá una rigidez mayor que una vía con traviesas convencionales, debido a la mayor superficie de apoyo que ofrecen las traviesas y que le confieren a la vía una rigidez más grande. Del mismo modo, su rigidez deberá ser inferior a la de vías en placa, ya que estas ofrecen una superficie de apoyo todavía mayor.

- **Rigidez del sistema balasto plataforma**

En la sección de balasto los espesores de las capas están formados por 35cm de balasto, 25cm de subbalasto, 20cm de grava y finalmente 15cm de arena (Figura 4.2.4). Este conjunto de capas descansan sobre la plataforma que como ya se ha comentado anteriormente se considera como un semiespacio de Boussinesq, con una elasticidad de 120MPa. Dado que se trata de vías de alta calidad (alta velocidad) los valores de rigidez vertical del sistema balasto – plataforma recomendados por (López Pita, 2006) en estos casos, oscilan entre los **70KN/mm** y los **110 KN/mm**.

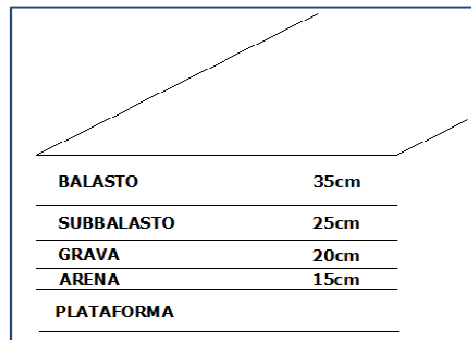


Figura 4.2.4: Capas vía sobre balasto

4.2.2. RIGIDEZ VERTICAL DEL CONJUNTO DE LA VÍA EN CADA PUNTO

4.2.2.1. Teoría del coeficiente de rigidez del apoyo

A lo largo de la historia, han aparecido diversas formulaciones y teorías, la finalidad de las cuales era la obtención del valor de la rigidez vertical de una vía ferroviaria. De este modo aparecen teorías como la del coeficiente del balasto de Winkler, la de Timoshenko-Saller-Henkel, la del Módulo de vía y la del Coeficiente de rigidez del apoyo.

Esta última, establece un modelo en el cual la rigidez global está relacionada con las rigideces parciales de cada una de las partes que la forman, suponiéndolos como elementos elásticos que se asimilan como un conjunto de muelles dispuestos en paralelo.

$$\frac{1}{K_{eq}} = \frac{1}{K_b} + \frac{1}{K_p} + \frac{1}{K_{pa}} + \frac{1}{K_{trav}}$$

Ecuación 4.9

- K_{eq} : rigidez vertical de la vía
- K_b : rigidez vertical del balasto
- K_p : rigidez vertical de la plataforma
- K_{pa} : rigidez vertical de la placa de asiento

- K_{trav} : rigidez vertical de la traviesa

Por una parte se observa que la rigidez de la vía y de la plataforma es mucho mayor a la del resto de elementos, por lo que su contribución a la rigidez global se considera menospreciable. Además, es muy complicado hallar por separado las rigideces del balasto y de la plataforma, por lo que la fórmula anterior se modifica y se simplifica como:

$$\frac{1}{K_{eq}} = \frac{1}{K_{pa}} + \frac{1}{K_{trav}} \rightarrow K_{eq} = \frac{K_{pa} \cdot K_{bp}}{K_{pa} + K_{bp}}$$

- K_{bp} : rigidez del sistema balasto-plataforma

A pesar de esto, los resultados experimentales relacionados con las rigideces presentan valores muy diferentes según Miralbés y Castejón (Miralbés & Castejón, 2009). Por este motivo estos autores propusieron la siguiente aproximación matemática de la rigidez vertical de la vía.

Partiendo de la anterior teoría se añaden una serie de pesos ("A" i "B") a cada una de las rigideces parciales que se magnifican con la constante "C" de rigidez del resto de elementos que pueden contribuir.

Aplicando métodos de aproximación iterativos a los datos experimentales de los que se disponían se obtuvo la siguiente expresión:

$$K_{eq} = \frac{1}{\frac{A}{K_{bp}} + \frac{B}{K_{pa}} + C} \rightarrow \frac{1}{K_{eq}} = \frac{0,32732}{K_{bp}} + \frac{0,31472}{K_{pa}} + 0,00153$$

Ecuación 4.10

4.2.2.2. Representación de los diversos niveles elásticos

A partir de este momento, ya se puede obtener la rigidez global en cada uno de los puntos que conforman la transición superponiendo la rigidez de la infraestructura con la de la superestructura correspondiente, mediante la Ecuación 4.10 propuesta por Miralbés y Castejón. Por su parte, la longitud genérica de cada zona vendrá definida por lo propuesto en el apartado 4.1.2 en el cual ha sido definida específicamente.

En la Figura 4.2.5, se muestran de forma intuitiva los distintos niveles elásticos presentes en cada punto de la transición:

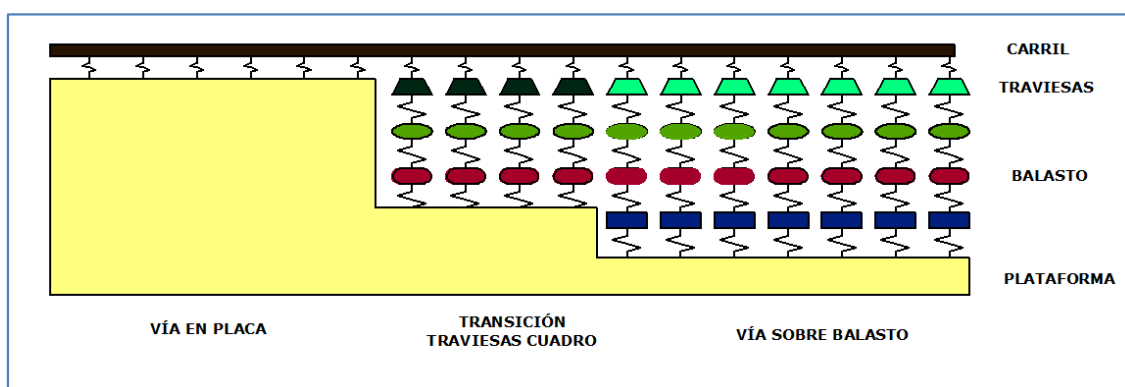


Figura 4.2.5: Esquema de los niveles elásticos para cada punto de la transición

A continuación, en la Tabla 4.2.4 se explicitan los valores de rigidez que se introducirán posteriormente en el modelo. En primer lugar, es necesario precisar la rigidez de las placas de asiento en cada tramo de la transición. Tal y como es lógico, en donde se implementen vía en placa y traviesas cuadro, se usaran placas de asiento más elásticas para contrarrestar la elevada rigidez del hormigón y asegurar un mejor comportamiento en cuanto a vibraciones y fisuración de la plataforma.

En cuanto a la rigidez del sistema balasto – plataforma, en el caso de la vía en placa tal y como se ha dicho anteriormente, descansan sobre la plataforma dos capas de hormigón mientras que las traviesas cuadro descansan sobre el balasto. Aún y así, en el caso de las traviesas cuadro la rigidez del sistema es mayor que con las traviesas convencionales, debido a la mayor superficie de apoyo que ofrecen las traviesas. Por esa razón, son propuestas como elemento de transición.

El valor de la rigidez total de la vía con traviesas cuadro ha sido analizado en el apartado 3.3.3 obteniendo una $k_{tot} = 70,1 \text{ KN/mm}$.

En cuanto a los tramos de vía en placa y vía sobre balasto, se emplearan los valores que se muestran en la Tabla 4.2.4.

Tramo	Vía en placa	Vía sobre balasto
Placa de asiento (kN/mm)	22,5	50
Sistema balasto - plataforma (kN/mm)	150	70
Rigidez equivalente (kN/mm)	56,5	79,5

Tabla 4.2.4: Rigidez equivalente para cada punto de la transición.

El valor óptimo de rigidez vertical del conjunto de la vía según el profesor López Pita, siguiendo los criterios de sobrecarga dinámica y energía consumida en las vías de alta velocidad, es de 75-80 kN/mm para velocidades de 300 km/h. La metodología seguida para hallar este valor fue la siguiente:

- Como mayor sea la rigidez de la vía, mayores serán las sobrecargas dinámicas sobre el carril.

- Al disminuir la rigidez vertical, la disipación de energía es mayor, y en consecuencia, mayores son los costes de tracción.

Según se explica en (López Pita, 2006), Teixeira profundizó en este camino y considerando los datos económicos actualmente conocidos respecto a las variables de energía y mantenimiento, se estableció el gráfico de la Figura 4.2.6, en la cual se proporciona un valor óptimo para la rigidez vertical de la vía de 78 kN/mm.

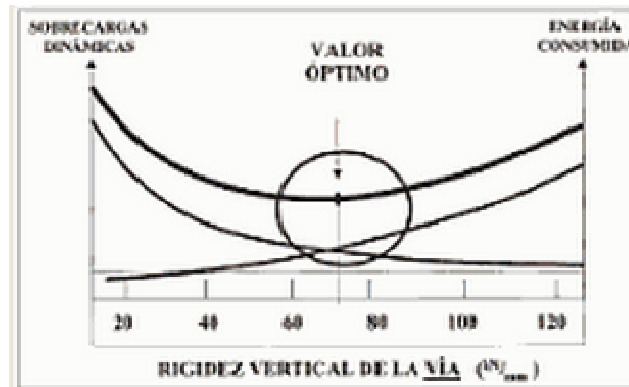


Figura 4.2.6: Valor óptimo de rigidez de la vía.

Para el tramo de vía sobre balasto aliena a la transición se considera una placa de asiento de 80 kN/mm y una rigidez vertical del sistema balasto plataforma de 70 kN/mm. Por su parte, para el cálculo de los asientos en plataforma en el apartado siguiente se considera en este tramo de vía la rigidez vertical óptima obtenida por Teixeira.

5. MODELIZACIÓN DE LA TRANSICIÓN

En el presente capítulo se explica cómo se ha llevado a cabo la modelización de la transición mediante el software de cálculo SAP 2000. Primero, se detallará como se introducen el conjunto de datos en el programa para a continuación mostrar cuales son los resultados obtenidos realizando distintas variaciones en el seno de la transición.

5.1. MODELIZACIÓN DE LA TRANSICIÓN

Para introducir el conjunto de datos proporcionados en los capítulos anteriores con objeto de obtener los asientos que se producen a lo largo de la transición se procede tal y como se muestra a continuación.

5.1.1. DISPOSICIÓN DE LAS CARGAS

Las cargas tipo se sitúan de forma correspondiente a la zona a la que pertenezcan teniendo en cuenta los parámetros de la Tabla 2.1.1 de manera que la distribución de las cargas tenga una distribución similar a la de un convoy. Estos tienen una longitud de hasta 200m, i son por lo tanto muy superiores a la transición. Para situar las cargas se consideran las siguientes disposiciones:

- **Configuración 1** (Figura 5.1.1)

Dado que los ejes con más carga son los correspondientes a la parte tractora del convoy y por lo tanto los que ofrecen una sollicitación mayor, se sitúa la cabeza del tren en la vía en placa y a continuación, con la separación correspondiente, el resto de ejes pero no con la carga de un vehículo tipo sino con la carga máxima por eje.



Figura 5.1.1: Configuración 1. Sentido del tren, de vía en placa a vía sobre balasto

- **Configuración 2** (Figura 5.1.2)

Con la misma distribución de cargas pero realizando un cambio de sentido, es decir, la tractora sobre la vía de balasto y el resto de ejes sobre la transición.



Figura 5.1.2: Configuración 2. Sentido del tren de vía sobre balasto a vía en placa.

- **Configuración 3** (Figura 5.1.3)

Para determinar los máximos asientos que se producen en cada tramo de la transición, estos vendrán dados por la tractora. Por lo tanto, se considera la distribución de cargas como si el convoy fuera una sucesión de tractoras abarcando toda la transición, con una distancia entre bogies de 11 metros.



Figura 5.1.3: Configuración 3. Sucesión de tractoras.

5.1.2. PRIMERA MODELIZACIÓN

La primera modelización se basa en la teoría de Winkler (explicada en el apartado 4.2.1.1). A partir de los datos de la rigidez vertical de las placas de asiento de cada tramo de la transición se realiza la siguiente aproximación.

En el programa se modeliza la transición para una velocidad de **350 km/h**, ya que es la velocidad de proyecto de las líneas de alta velocidad más recientes, aunque en realidad, la velocidad comercial máxima de puesta en servicio ronda actualmente los 330 km/h.

- Para esta velocidad se situaran las cargas correspondientes al peso del carril y la sobrecarga dinámica debida al paso del eje de un vehículo. La rigidez del muelle es la correspondiente a la placa de asiento, ya que el objetivo de esta primera modelización es obtener los **asientos en la superficie del carril debidos al paso del vehículo**.
- Los parámetros introducidos en el programa de cálculo y un resumen de los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 5.1.1. De todos los resultados obtenidos se analizaran principalmente los asientos obtenidos y la correspondiente reacción sobre la traviesa.

Cargas	Vía en placa	Transición			Balasto
		Placa	Traviesas cuadro	Balasto	
Carril (kg/ml)	60,34	60,34	60,34	60,34	60,34
Velocidad	350 km/h				
Rigidez (KN/mm)	22,5	22,5	30	50	80
Asientos Máximos (mm)					
Configuración 1	0,211	0,211	0,176	0,120	0,022
Configuración 2	0,215	0,016	0,176	0,120	0,080
Configuración 3	0,211	0,212	0,172	0,120	0,083
Valor máximo	0,215	0,212	0,176	0,120	0,083
Reacción Máxima (N)					
Configuración 1	4674,35	4420,09	5151,27	5810,05	1727,14
Configuración 2	4813,77	367,94	5092	5829,23	6432,28
Configuración 3	4710,19	4436,02	4957,76	5745	6619,05
Valor máximo	4813,770	4436,020	5151,270	5829,230	6619,050

Tabla 5.1.1: Valores de entrada y valores obtenidos

A continuación, se muestran las Figuras Figura 5.1.4 a Figura 5.1.8, donde pueden observarse los asientos que se obtienen mediante el programa de cálculo. Con objeto de poder visualizarlos correctamente, se ha usado un factor de escala 1:2000.



Figura 5.1.4: Cargas Configuración 1 y no deformada

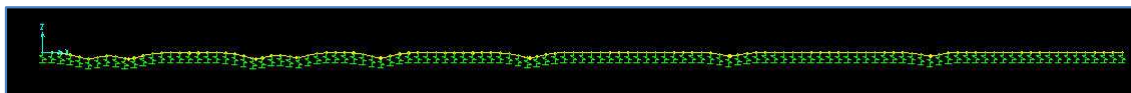


Figura 5.1.5: Asientos producidos por el paso de un convoy a 350 km/h para una transición proyectada para 350 km/h, sentido de vía en placa a vía sobre balasto



Figura 5.1.6: Cargas Configuración 2 y no deformada

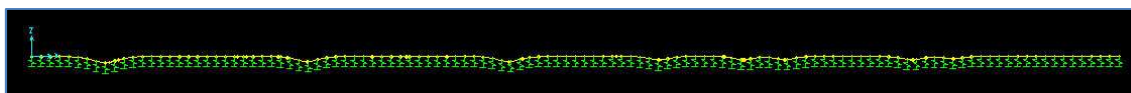


Figura 5.1.7: Asientos producidos por el paso de un convoy a 350 km/h para una transición proyectada para 350 km/h, sentido de vía sobre balasto hacia vía en placa.



Figura 5.1.8: Cargas Configuración 3 y no deformada

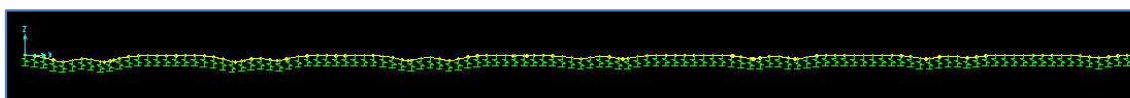


Figura 5.1.9: Asientos debidos a la simulación de una sucesión de tractoras a 350 km/h para una transición proyectada para 350 km/h.

5.1.3. SEGUNDA MODELIZACIÓN

La segunda modelización también está basada en la teoría de Winkler. En este caso la transición es la correspondiente a una velocidad de 300 km/h pero las cargas son las correspondientes al paso de un convoy a 350 km/h.

Esta modelización se realiza para analizar la influencia de las cargas producidas por el paso de un convoy a una velocidad superior a la que ha sido diseñada la transición sobre la vía.

- Se modeliza en el programa una transición para una velocidad de 300 km/h.
- Se sitúan las cargas correspondientes a una velocidad de 350 km/h correspondientes al peso del carril y la sobrecarga dinámica debida al paso del vehículo (del mismo modo que en la primera modelización). La rigidez de los apoyos del modelo será la correspondiente a las placas de asiento en cada tramo de la transición.

Los parámetros introducidos en el programa y los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 5.1.2.

	Vía en placa	Transición			Balasto
Cargas		Placa	Traviesas cuadro	Balasto	
Carril (kg/ml)	60,34	60,34	60,34	60,34	60,34
Velocidad	350 km/h				
Rigidez (KN/mm)	22,5	22,5	30	50	80
Asientos Máximos (mm)					
Configuración 1	0,211	0,211	0,174	0,120	0,084
Configuración 2	0,215	0,016	0,176	0,119	0,087
Configuración 3	0,211	0,212	0,172	0,119	0,086
Valor máximo	0,215	0,212	0,176	0,120	0,087
Reaccion Máxima (N)					
Configuración 1	4674,35	4420,09	5151,27	5751,14	6568,6
Configuración 2	4813,77	367,94	5092	5829,24	6475,82
Configuración 3	4710,19	4436,02	4957,7	5702,57	6380,39
Valor máximo	4813,77	4436,02	5151,27	5829,24	6568,6

Tabla 5.1.2: Valores de entrada y valores obtenidos en la segunda modelización.

A continuación, se muestran las Figura 5.1.10, Figura 5.1.11 y Figura 5.1.12 donde pueden observarse los asientos que se obtienen mediante el programa de cálculo. Con objeto de poder visualizarlos correctamente, se ha usado un factor de escala 1:2000.

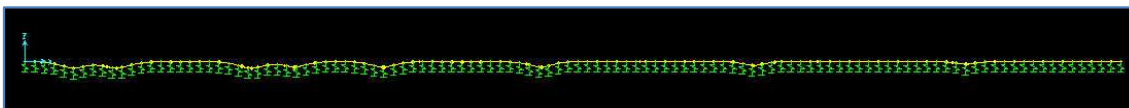


Figura 5.1.10: Asientos producidos por el paso de un convoy a 350 km/h para una transición proyectada para 300 km/h, sentido de vía en placa a vía sobre balasto

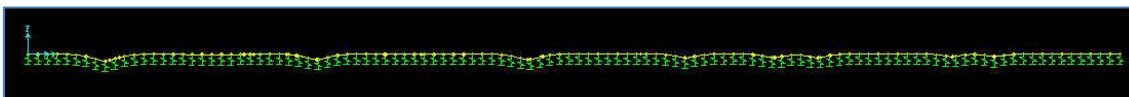


Figura 5.1.11: Asientos producidos por el paso de un convoy a 350 km/h para una transición proyectada para 300 km/h, sentido de vía sobre balasto hacia vía en placa.

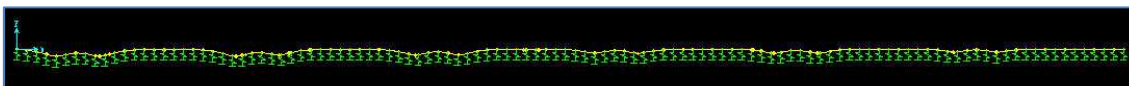


Figura 5.1.12: Asientos debidos a la simulación de una sucesión de tractoras a 350 km/h para una transición proyectada para 300 km/h.

5.1.4. TERCERA MODELIZACIÓN

El objeto de la presente modelización es el de obtener los asentamientos globales que se producen sobre la plataforma a partir de los datos de rigidez vertical global del conjunto de la transición. En este último caso, será necesario tener en cuenta a la hora de comparar los resultados con las otras modelizaciones que el peso permanente de la infraestructura y la superestructura que forman el conjunto de la vía ya suponen unos asentamientos del orden de 0,5 – 0,6 mm.

- Se crea en el programa la transición correspondiente a una velocidad de 350 km/h.
- Para dicha velocidad se sitúan las cargas correspondientes al peso del carril y la sobrecarga dinámica debido al paso del eje de un vehículo. La rigidez del muelle es la correspondiente a la rigidez global teniendo en cuenta todos los elementos elásticos y los pesos de los materiales.
- Para el caso particular del balasto se considera la rigidez vertical óptima para vías de alta velocidad.
- Para modelizar la transición, será necesario realizar una aproximación de la masa lineal de las traviesas, ya que lo que caracteriza a las traviesas cuadro es que también se disponen traviesas en dirección transversal. Las Traviesas cuadro estarán dispuestas sobre el balasto del mismo modo que las traviesas convencionales mientras que en el caso de la vía en placa, se disponen las traviesas sobre una capa de hormigón.

En las Tabla 5.1.3 Tabla 5.1.4, se muestran los datos introducidos en el modelo y los resultados más significativos obtenidos.

Cargas	Vía en placa	Transición			Balasto
		Placa	Traviesas cuadro	Balasto	
Carril (kg/ml)	60,34	60,34	60,34	60,34	60,34
Traviesa (kg/ml)	328,33	328,33	250	525	525
Balasto (kg/ml)	-	-	1523	1523	1523
Subbalasto (kg/ml)	-	-	1530	1530	1530
Grava (kg/ml)	-	-	1156	1156	1156
Arena (kg/ml)	-	-	918	918	918
Hormigón (kg/ml)	4200	4200	-	-	-
Total (kg/ml)	4589	4589	5437,34	5712	5712
Velocidad	350 km/h				
Rigidez (KN/mm)	56,5	56,5	70,1	70,1	79,5

Tabla 5.1.3: Datos de entrada. Cargas y rigidez de cada tramo.

Asientos Máximos (mm)					
Configuración 1	0,588	0,604	0,583	0,603	0,461
Configuración 2	0,504	0,503	0,583	0,613	0,511
Configuración 3	0,599	0,600	0,586	0,611	0,514
Máximo	0,599	0,604	0,586	0,613	0,514
Reacción Máxima (N)					
Configuración 1	33250	32766,23	38536,57	40128,72	36652,45
Configuración 2	28484,88	28418,64	38418,69	39868,07	40448,31
Configuración 3	33844,72	32620,07	38369,25	40127,84	40863,62
Máximo	33844,72	32766,230	38536,570	40128,72	40863,62

Tabla 5.1.4: Resultados obtenidos para la tercera modelización.

A continuación, se muestran las Figura 5.1.13Figura 5.1.14Figura 5.1.15, donde pueden observarse los asientos que se obtienen mediante el programa de cálculo. Con objeto de poder visualizarlos correctamente, se ha usado un factor de escala 1:2000.

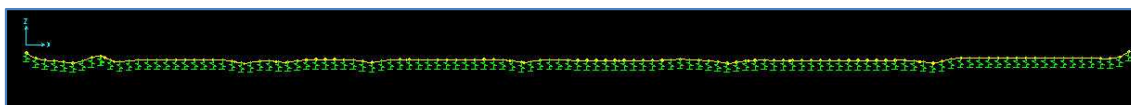


Figura 5.1.13: Asientos debidos al paso de un convoy a 350 km/h para una transición proyectada para 350 km/h, sentido de vía en placa a vía sobre balasto.

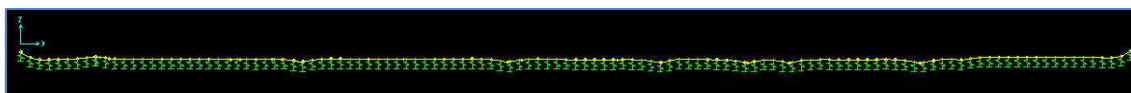


Figura 5.1.14: Asientos debidos al paso de un convoy a 350 km/h para una transición proyectada para 350 km/h, sentido de balasto a vía en placa

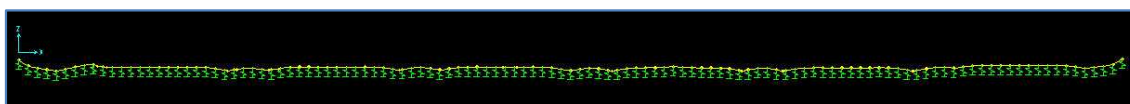


Figura 5.1.15: Asientos producidos por la simulación de una sucesión de tractores a 360 km/h.

5.1.5. RESULTADOS PARA OTRAS VELOCIDADES

Se ha considerado conveniente también, analizar los resultados obtenidos con el paso de convoys a distintas velocidades. De forma análoga que en el apartado anterior (primera modelización) se realizan las tres configuraciones de cargas para determinar el asiento máximo en cada tramo de estudio.

En la Tabla 5.1.5 se indican los datos de entrada, y en las Tabla 5.1.6 a Tabla 5.1.9, se muestran los resultados obtenidos para las distintas velocidades, aplicando las cargas dinámicas debidas al paso del convoy, que fueron explicitadas en la Tabla 2.1.4.

Cargas	Vía en placa	Transición			Balasto
		Placa	Traviesas cuadro	Balasto	
Carril (kg/ml)	60,34	60,34	60,34	60,34	60,34
Rigidez (KN/mm)	22,5	22,5	30	50	80

Tabla 5.1.5: Datos de entrada.

0 km/h					
Asientos Máximos (mm)					
Configuración 1	0,141	0,134	0,116	0,144	0,119
Configuración 2	0,145	0,115	0,113	0,081	0,146
Configuración 3	0,142	0,122	0,112	0,108	0,144
Valor máximo	0,145	0,134	0,116	0,144	0,146

Tabla 5.1.6: Resultados para V = 0km/h

200 km/h					
Asientos Máximos (mm)					
Configuración 1	0,196	0,195	0,163	0,111	0,020
Configuración 2	0,200	0,016	0,163	0,111	0,074
Configuración 3	0,196	0,197	0,160	0,111	0,077
Valor máximo	0,200	0,197	0,163	0,111	0,077

Tabla 5.1.7: Asientos producidos por el paso de un convoy a V = 200 km/h

250 km/h					
Asientos Máximos (mm)					
Configuración 1	0,201	0,201	0,167	0,114	0,021
Configuración 2	0,205	0,016	0,167	0,114	0,076
Configuración 3	0,201	0,202	0,164	0,114	0,079
Valor máximo	0,205	0,202	0,167	0,114	0,079

Tabla 5.1.8: Asientos producidos por el paso de un convoy a 250 km/h

300 km/h					
Asientos Máximos (mm)					
Configuración 1	0,206	0,206	0,172	0,117	0,021
Configuración 2	0,210	0,016	0,172	0,117	0,078
Configuración 3	0,206	0,207	0,168	0,117	0,081
Valor máximo	0,210	0,207	0,172	0,117	0,081

Tabla 5.1.9: Asientos producidos por el paso de un convoy a 300 km/h

5.1.6. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Con las diferentes configuraciones de carga se ha intentado obtener el valor de los asientos que se producen en cada tramo de estudio. Con las dos primeras modelizaciones se obtienen los asientos que hacen referencia a la cota cero de la cabeza de carril. El primer modelo sirve para dar un orden de magnitud de los asentamientos, mientras que con la segunda modelización el objetivo es ver cuál es el comportamiento para una transición con una velocidad de paso superior a la de proyecto.

Finalmente, con la tercera modelización lo que se ha buscado es la obtención de los asientos que se producirían sobre la plataforma. Es muy importante tener en cuenta que en este último caso que el peso permanente de los elementos de la infraestructura y superestructura que forman el conjunto de la vía ya suponen unos asientos permanentes del orden de los 0,5mm que será necesario descontar de los valores obtenidos en la Tabla 5.1.4.

Cargas	Vía en placa	Transición			Balasto
		Placa	Traviesas cuadro	Balasto	
Carril (kg/ml)	4589	4589	5437,34	5712	5712
Asientos máximos (mm)	0,506	0,505	0,507	0,508	0,522

Tabla 5.1.10: Asientos debidos a la carga permanente de la infraestructura y la superestructura de la vía.

Al restar estos valores a los obtenidos con la tercera modelización se comprueba que los asientos en cada zona son muy similares, por lo que se puede llegar a la conclusión de que la plataforma no nota la diferencia (en cuanto a asientos producidos) de si la vía se apoya sobre balasto o sobre vía en placa.

En la Tabla 5.1.11 se muestra el valor de los asientos máximos que se producen en la cabeza de carril para las distintas velocidades que se han estudiado.

Velocidad (km/h)	Vía en placa	Transición			Balasto
		Placa	Traviesas cuadro	Balasto	
0	0,145	0,134	0,116	0,144	0,146
200	0,200	0,197	0,163	0,111	0,077
250	0,205	0,202	0,167	0,114	0,079
300	0,210	0,207	0,172	0,117	0,081
350	0,215	0,212	0,176	0,120	0,083

Tabla 5.1.11: Asientos máximos en la cabeza de carril para las distintas velocidades estudiadas.

Tomando como referencia los asientos que se producen para velocidad nula, se puede observar que los asientos aumentan hasta un 50% a medida que crece la velocidad. Además, los asientos máximos no llegan al milímetro por lo que se puede considerar que quedarían absorbidos por el tipo de sujeción instalada en la vía.

Con los cálculos realizados se confirma también que el número de traviesas afectadas por la carga producida por el eje del convoy es de 7:

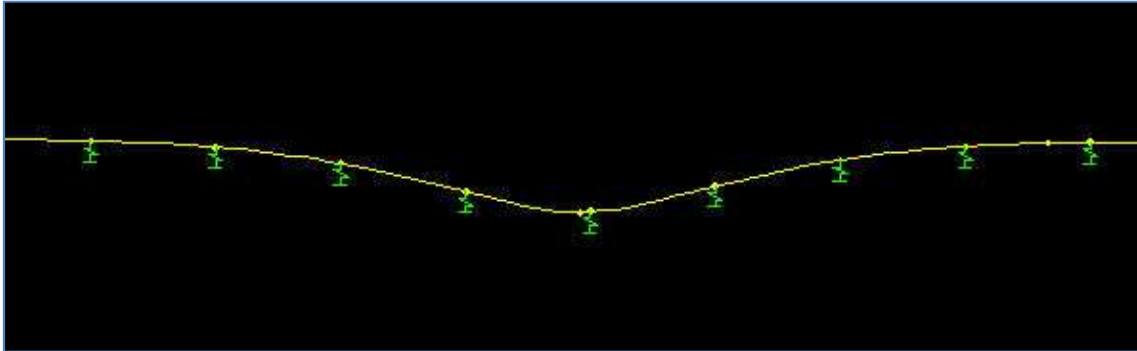


Figura 5.1.16: Traviesas afectadas. Asientos escala 1:2000

Los asentamientos obtenidos en la primera y la segunda modelización (sobre la superficie del carril), en el tramo de vía en placa son sensiblemente mayores a los producidos sobre el balasto, debido a que la placa de asiento tiene que ser mucho más elástica para contrarrestar la elevada rigidez de la losa de hormigón, y absorber las vibraciones que se produzcan al paso de los convoys.

En cambio, en la tercera modelización, se homogeneiza el valor de los asentamientos en los distintos tramos, debido a que en este caso se obtienen los asentamientos sobre la superficie de la plataforma, por lo que se tiene en cuenta la rigidez total de la vía.

En resumen, puede afirmarse que no se produce ningún cambio brusco en los asentamientos en el paso de vía en placa a vía sobre balasto (en ninguna de las tres modelizaciones), garantizándose la comodidad de los viajeros en todo momento, por lo que puede concluirse que las traviesas cuadro ejercen correctamente su misión como elemento de transición.

6. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES PARA FUTUROS TRABAJOS

En el presente apartado, se presentan las conclusiones que se han obtenido a lo largo del estudio de la tesina y algunas recomendaciones para futuros trabajos en la misma línea de investigación.

6.1. CONCLUSIONES

Las principales conclusiones de la tesina se resumen en los siguientes puntos:

- El uso de las *traviesas cuadro* da buenos resultados como elemento de transición de la vía en placa a la vía sobre balasto, debido a que proporciona a la vía una rigidez vertical intermedia permitiendo un paso gradual de un tipo de vía a otro.
- De los datos obtenidos con la modelización se concluye que los asentamientos producidos en los distintos tramos son muy similares, por lo que se puede concluir que la plataforma no nota si la infraestructura es soportada sobre balasto o sobre placa.
- Con la modelización realizada se observa que si se diseña la transición para una velocidad concreta, y la velocidad de paso es superior, los asientos que se producen son tolerables en valor. Ahora bien, la longitud de la transición es inferior a la recomendada, por lo que no puede garantizarse que sean aceptables en cuanto a espaciamiento entre ellos, de modo que no se puede alcanzar la calidad geométrica requerida en nivelación longitudinal para alta velocidad.
- En todo momento, los asientos obtenidos con el programa de cálculo entran dentro del umbral exigido para líneas de alta velocidad en cuanto a términos de calidad geométrica, habiendo estado la transición proyectada para una velocidad igual o superior.
- Teniendo en cuenta que el tipo de sujeción que se usa en las transiciones – loarv 300 – tiene una tolerancia para los movimientos verticales de 2,5mm, se puede afirmar que los asientos producidos en la superficie del carril quedan absorbidos por este elemento.

En resumen, resulta evidente que el paso de vía en placa a vía sobre balasto es un punto crítico en las vías de ferrocarril, por lo que es necesario realizar una infraestructura intermedia que permita un cambio no brusco de la rigidez, evitando así que se produzca un deterioro acelerado de la vía y que se vea afectado el confort de los viajeros.

Dado que las traviesas cuadro proporcionan a la vía una rigidez vertical intermedia, parece adecuado su uso como elemento de transición. Con la modelización realizada se han obtenido unos asientos tolerables, sin que se produzca un cambio brusco en sus valores en el paso de la vía en placa a la vía sobre balasto. Por ello, puede concluirse que queda

comprobada la viabilidad técnica del uso de las traviesas cuadro como elemento de transición.

6.2. RECOMENDACIONES PARA FUTUROS TRABAJOS

Las posibles recomendaciones para futuros estudios y trabajos se muestran a continuación:

- Realizar un modelo completo de la vía en placa, las traviesas cuadro, y la vía sobre balasto en tres dimensiones para poder analizar el comportamiento longitudinal y transversal de la vía.
- Estudiar el comportamiento del modelo para velocidades superiores a 350 km/h.
- Analizar el comportamiento de las traviesas cuadro como una alternativa a la vía en placa para vías de alta velocidad. Realizar una comparativa.
- Realizar un análisis del impacto económico que tendría la implementación de las traviesas cuadro como elemento de transición, ya que lo que se ha realizado en esta tesina ha sido un estudio de su viabilidad técnica.

BIBLIOGRAFIA

- [1] LÓPEZ PITA, A. 2006. Infraestructuras Ferroviarias. Barcelona, Edicions UPC. ISBN – 8483018535
- [2] LÓPEZ PITA, A. 2008. Explotación de líneas de ferrocarril, Edicions UPC. ISBN – 9788483019566
- [3] ALIAS, J. 1984. *La Voie Ferrée*. Editions Eyrolles, Paris. Collections des Chemins de Fer.
- [4] CRUZ ABAD, J. Superestructura de vía. Seminario de FFCC de Alta velocidad, Madrid 7 de octubre de 2009, iiR España.
- [5] iiR España, Seminario de Superestructura de vía en placa, Madrid 26 de noviembre de 2009.
- [6] Andaluza de traviesas S.A (ANTRASA), Traviesa AI-04/UIC 60. Especificaciones del producto, <http://www.antrasa.com>
- [7] Patentes de Talgo S.A. Talgo 350, Catálogo comercial, <http://www.talgo.com>
- [8] RAIL.ONE GmbH Pfleiderer track systems. RHEDA 2000, Vía en placa sobre asiento de hormigón, <http://www.railone.es>
- [9] BERGUEDÀ, M. 2010, La transició de vía en balast a vía en placa, *Tesina, Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins Canals i Ports de Barcelona*
- [10] ROMERO, F. 2010, Análisis de una vía con traviesas cuadro, *Tesina, Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins Canals i Ports de Barcelona*
- [11] CARRASCAL, I.A. et al. 2005. <<Comportamiento dinámico de placas de asiento de sujeción de vía de ferrocarril>>, *Anales de mecánica de fractura*, Vol. 22, 372-377.
- [12] PEÑA, M. 2003, <<Tramos de ensayo de vía en placa en la línea del corredor del mediterráneo para su explotación a alta velocidad>>, *Revista de obras públicas*, 3431, 57-68.
- [13] EISENMANN, J. 1995. <<La voie sur dalle une alternative à la voie classique sur ballast>>, *Rail International*, noviembre, 19-28.
- [14] ESCOLANO, J. 1998. <<La vía en placa en la DB AG>>, *Revista de obras públicas*, diciembre, 21-34.
- [15] ESTRADÉ. J.M. 1991. <<La superestructura de vía sin balasto: perspectivas de su aplicación en las nuevas líneas de alta velocidad>>. *Revista de obras públicas*, septiembre, 9-28

- [16] ESVELD, C. 2007. <<Slab track design for high speed>>. *1st International Forum, Non-ballasted track*. Bilbao, 184-193.
- [17] FENDRICH, L. 1995. <<DB explores the limits of ballastless track>>. *Railway Gazette International*, January, 45-49.
- [18] FIEBIG, W. 2002. <<Slab track in Berlin-Brandenburg>>. *Eisenbahningenieur*, 6, 54-57.
- [19] GALLEGO, I. *et al.* 2005. <<Track deterioration in high-speed railways: the influence of longitudinal variation of the vertical stiffness in the embankment-structural transitions>>. *Proceedings of 8th International Conference. Railway Engineering*, London (UK), 135-142. ISBN 0-947644-56-3.
- [20] JUAN, J. *et al.* 2008. <<The first test line of slab-track in China>> (en alemán). *Eisenbahningenieur*, Juli, 39-45.
- [21] KALUZA, U. 2008. <<Twenty years of slab track with an elastic sleeper bed>>, *RTR* 1, 37-39.
- [22] KLEEBERG, J. 2009. <<New development stage of Rheda 2000>>. *European Railway Review*, Issue 3, 56-60.
- [23] LEYKAUF, G. *et al.* 2004 <<Concrete railway sleepers for the optimisation of ballasted track>>. *European Railway Review*, Issue, 2.
- [24] LÓPEZ PITA, A. 2001. <<La rigidez vertical de la vía y el deterioro de las líneas de alta velocidad>>. *Revista de Obras Públicas*, 3415, 7-26.
- [25] LÓPEZ PITA, A. 2001. <<Compatibility and constraints between high-speed passenger trains and traditional freight trains>>. *Journal of the Transportation Research Board – National Research council*, 1742, 17-24. ISBN 0-30907200X. Washington, January.
- [26] LÓPEZ PITA, A. *et al.* 2002. <<The importance of vertical stiffness of the track on high speed lines>>. 81st. Annual meeting transportation research board. Washington, January.
- [27] LÓPEZ PITA, A. y TEIXEIRA, P. F. 2003. <<New criteria in embankment bridge transitions on high-speed lines>>. *Structures for high-speed railway transportations IABSE Symposium*, 284-291. Antwerp, august. ISBN 3-85747-109-9.
- [28] LÓPEZ PITA, A. y TEIXEIRA, P. F. 2004. <<High-speed and track deterioration: the role of the vertical stiffness of the track>>. *Journal of rail and rapid transit*, mars. Proc. Instn. Mech Engrs. Vol. 218. Part F, 31-40.
- [29] LÓPEZ PITA, A. 2007. <<La utilización de vías sin balasto en líneas de Alta velocidad>>. I Jornadas Internacionales sobre Nuevas Tecnologías y Técnicas constructivas en el Sector Ferroviario, Bilbao, 17/19, enero. *Euskal Trenible Sarea*, 136-153.

- [30] MIRALBÉS, R y CASTEJÓN, L. 2009. <<Cálculo de la rigidez vertical de la vía en función de las rigideces verticales de la placa de asiento y del sistema balasto – plataforma en vías de alta velocidad>>. Área de Ingeniería e Infraestructura de los transportes, de partamento de Ingeniería mecánica. Universidad de Zaragoza.
- [31] RIESSBERGER, K. 2002. <<Vía más sólida sobre balasto>>. *Eisenbahn Technische Rundschau*, Vol. 51, abril, 183-192. (Traducción española TE 159/02)
- [32] RIESSBERGER, K. 2002. <<Frame-sleeper track promise a longer life>>. *Railway Gazette International*. July, 369-372.
- [33] RIESSBERGER, K. 2003. <<Les travesses-cadres: un perfectionnement de la voie sur ballast>>. *Rail International*. Décembre, 10-19.
- [34] RIESSBERGER, K. 2005. <<The project “Frame Sleeper Track”>> *ZEV Rail Glassers Anuals*, 56-60. February. Special edition ÖVG.

Índice de Tablas

Tabla 2.1.1: Características del Talgo 350 EMU, extraído de [6]	11
Tabla 2.1.2: Factores de la fórmula de Eisenmann, extraído de [1]	12
Tabla 2.1.3: Cargas dinámicas para cada velocidad, elaboración propia.....	14
Tabla 2.1.4: Solicitaciones estáticas y dinámicas sobre las traviesas afectadas en una vía de balasto, elaboración propia.	15
Tabla 2.2.1: Esquema de referencia para el establecimiento de las funciones del balasto, extraído de [1].....	18
Tabla 2.2.2: Características de la traviesa AI-04, extraído de [5].....	19
Tabla 2.3.1: Tipo de Placas del tramo de ensayo	26
Tabla 2.3.2: Características de la traviesa B-355, (RAIL.ONE)	31
Tabla 2.3.3: Requisitos para la ejecución de terraplenes y desmontes	33
Tabla 2.3.4: Coste de inversión y mantenimiento de la vía en placa y la vía sobre balasto	35
Tabla 3.1.1: Características mecánicas del carril UIC 60	44
Tabla 3.1.2: Dimensiones de la placa de asiento	49
Tabla 3.1.3: Dimensiones que se introducirán en el programa	49
Tabla 3.1.4: Propiedades de las vigas que simbolizan las placas de asiento en el modelo.	51
Tabla 3.1.5: Valores de las áreas de apoyo de las traviesas correspondientes a los apoyos según la zona.	53
Tabla 3.1.6: Valores de la rigidez de los apoyos en función de la zona.	54
Tabla 4.1.1: Longitudes de transición en función de la velocidad proyectada y número de traviesas afectadas.....	63
Tabla 4.1.2: Espesores en función del tipo de vía	64
Tabla 4.1.3: Dimensiones de cada en función de la velocidad	66
Tabla 4.2.1: Cargas dinámicas para cada velocidad	67
Tabla 4.2.2: Solicitaciones estáticas y dinámicas sobre las traviesas afectadas	67
Tabla 4.2.3: Características elásticas de cada material.....	70

Tabla 4.2.4: Rigidez equivalente para cada punto de la transición.....	74
Tabla 5.1.1: Valores de entrada y valores obtenidos.....	78
Tabla 5.1.2: Valores de entrada y valores obtenidos en la segunda modelización.	79
Tabla 5.1.3: Datos de entrada. Cargas y rigidez de cada tramo.....	81
Tabla 5.1.4: Resultados obtenidos para la tercera modelización.	81
Tabla 5.1.5: Datos de entrada.	82
Tabla 5.1.6: Resultados para $V = 0\text{km/h}$	82
Tabla 5.1.7: Asientos producidos por el paso de un convoy a $V = 200\text{ km/h}$	82
Tabla 5.1.8: Asientos producidos por el paso de un convoy a 250 km/h	82
Tabla 5.1.9: Asientos producidos por el paso de un convoy a 300 km/h	83
Tabla 5.1.10: Asientos debidos a la carga permanente de la infraestructura y la superestructura de la vía.	83
Tabla 5.1.11: Asientos máximos en la cabeza de carril para las distintas velocidades estudiadas.	83

Índice de Figuras

Figura 2.1.1: Configuración típica de la infraestructura, extraído de [1].....	7
Figura 2.1.2: Configuración típica de la superestructura, extraído de [1]	8
Figura 2.1.3: Placa de asiento elástica y carril ya fijado a la traviesa, extraído de [1]	8
Figura 2.1.4: Esquema de movimientos de un vehículo ferroviario, extraído de [1].....	8
Figura 2.1.5: Defectos de nivelación longitudinal, transversal y de alineación, extraído de [1] ..	9
Figura 2.1.6: Dibujo esquemático y vista del Talgo 350 EMU, extraído de [6]	10
Figura 2.1.7: Distribución de carga vertical en traviesas, extraído de [1].....	15
Figura 2.2.1: Alzado y planta Traviesa AI-04, extraído de [5]	20
Figura 2.2.2: Elementos que componen una sujeción	21
Figura 2.2.3: Escenificación del fenómeno de la vuelo del balasto. (España, 2009).....	22
Figura 2.2.4: Sección tipo de la vía sobre balasto	22
Figura 2.3.1: Clasificación UIC de vía en placa	25
Figura 2.3.2: Esquema funcional de la vía sin balasto.....	25
Figura 2.3.3: Ubicación tramos de ensayo de vía en placa en la variante de Las Palmas de Castellón a Oropesa de Mar	26
Figura 2.3.4: Vista de la placa Rheda 2000	27
Figura 2.3.5: Secciones transversales de las diferentes versiones de vía en placa, (RAIL.ONE) .	28
Figura 2.3.6: Sujeción loarv 300, de la casa Vossloh	30
Figura 2.3.7: Alzado y planta de la traviesa B-355	31
Figura 2.3.8: Perfil transversal para terraplén en vías en placa	32
Figura 2.3.9: Perfil transversal para desmonte en vías en placa.....	32
Figura 2.3.10: Pseudo-puente a continuación de un viaducto	32
Figura 2.3.11: Detalle de la sección transversal de la Rheda2000, (RAIL.ONE)	38
Figura 2.4.1: Vía con traviesas cuadro, (López Pita, 2006).....	39
Figura 2.4.2: Disposición carriles sobre las traviesas cuadro. (López Pita, 2006)	40

Figura 3.1.1: Vista en planta y dimensiones de una traviesa cuadro (cotas en metros)	44
Figura 3.1.2: Vista en alzado de una traviesa transversal. Cotas en metros.....	45
Figura 3.1.3: Secciones representativas de una traviesa transversal	45
Figura 3.1.4: Dimensiones del alzado de una traviesa a introducir en el modelo. Cotas en metros	46
Figura 3.1.5: Dimensiones de las secciones representativas de una traviesa transversal a introducir en el modelo.....	46
Figura 3.1.6: Vista en alzado de una traviesa transversal en el modelo de cálculo.....	46
Figura 3.1.7: Vista en alzado de una traviesa longitudinal. Cotas en metros	47
Figura 3.1.8: Sección de una traviesa longitudinal. Cotas en metros	47
Figura 3.1.9: Dimensiones del alzado de una traviesa longitudinal a introducir en el modelo. Cotas en metros.	47
Figura 3.1.10: Sección de una traviesa longitudinal a introducir en el modelo. Cotas en metros.	47
Figura 3.1.11: Vista en alzado de una traviesa longitudinal en el modelo de cálculo	48
Figura 3.1.12: Placa de asiento elástica con la sujeción montada sin el carril.....	49
Figura 3.1.13: Disposición de los apoyos elásticos bajo las traviesas en el modelo. Cotas en metros	52
Figura 3.1.14: Disposición de los apoyos discretos bajo las traviesas en el modelo.	52
Figura 3.1.15: Superficie de traviesa correspondiente a cada apoyo discreto	53
Figura 3.2.1: Vista en planta de una traviesa cuadro en el modelo.....	55
Figura 3.2.2: Esquema de viga de una traviesa trasversal y sus apoyos sobre el balasto.	56
Figura 3.2.3: Vista en planta del conjunto de las traviesas cuadro en el modelo (ampliada)	56
Figura 3.2.4: Esquema de viga del carril, las traviesas longitudinales y sus apoyos sobre el balasto.....	57
Figura 3.2.5: Detalle placa de asiento	57
Figura 3.2.6: Esquema del conjunto de carriles, las placas de asiento, las traviesas cuadro y sus apoyos sobre el balasto.....	57

Figura 3.3.1: Esquema del modelo con las cargas aplicadas, de 127,5 KN	58
Figura 3.3.2: Deformada obtenida bajo la acción de la carga de un eje. Factor de escala 1:40. 59	
Figura 3.3.3: Curva de deflexión del carril.....	59
Figura 4.2.1: Diferentes zonas presentes en la infraestructura de la transición	68
Figura 4.2.2: Representación del método del Balasto	69
Figura 4.2.3: Concepto rigidez vertical de la vía.....	70
Figura 4.2.4: Capas vía sobre balasto.....	72
Figura 4.2.5: Esquema de los niveles elásticos para cada punto de la transición.....	74
Figura 4.2.6: Valor óptimo de rigidez de la vía.....	75
Figura 5.1.1: Configuración 1. Sentido del tren, de vía en placa a vía sobre balasto	76
Figura 5.1.2: Configuración 2. Sentido del tren de vía sobre balasto a vía en placa.	77
Figura 5.1.3: Configuración 3. Sucesión de tractoras.....	77
Figura 5.1.4: Cargas Configuración 1 y no deformada	78
Figura 5.1.5: Asientos producidos por el paso de un convoy a 350 km/h para una transición proyectada para 350 km/h, sentido de vía en placa a vía sobre balasto.....	78
Figura 5.1.6: Cargas Configuración 2 y no deformada	78
Figura 5.1.7: Asientos producidos por el paso de un convoy a 350 km/h para una transición proyectada para 350 km/h, sentido de vía sobre balasto hacia vía en placa.	78
Figura 5.1.8: Cargas Configuración 3 y no deformada	78
Figura 5.1.9: Asientos debidos a la simulación de una sucesión de tractoras a 350 km/h para una transición proyectada para 350 km/h.....	79
Figura 5.1.10: Asientos producidos por el paso de un convoy a 350 km/h para una transición proyectada para 300 km/h, sentido de vía en placa a vía sobre balasto.....	80
Figura 5.1.11: Asientos producidos por el paso de un convoy a 350 km/h para una transición proyectada para 300 km/h, sentido de vía sobre balasto hacia vía en placa.	80
Figura 5.1.12: Asientos debidos a la simulación de una sucesión de tractoras a 350 km/h para una transición proyectada para 300 km/h.....	80

ANEXO 1: RESULTADOS SAP

En el siguiente anexo se muestran las tablas correspondientes a cada modelización obtenidas mediante el programa de cálculo. Por razones de espacio, se muestran solo los desplazamientos en cada nudo y las reacciones correspondientes, ya que son los valores que han resultado de interés en el estudio.

Software utilizado: **SAP2000 v12.0.0 Advanced**

RESULTADOS SAP MODELIZACIÓN TRAVIESAS CUADRO

TABLE: Joint Displacements						
Joint	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	m	m	m	Radians	Radians	Radians
1	-0,000041	-0,000077	-0,000063	-0,000005928	0,000005844	0,000033
2	-0,000035	-0,000077	-0,000062	-0,00000618	0,000005844	0,000033
3	-0,000026	-0,000077	-0,000061	-0,000007031	0,000005844	0,000033
4	-0,000018	-0,000077	-0,000059	-0,000006689	0,000005844	0,000033
5	-0,000009533	-0,000077	-0,000057	-0,000004659	0,000005844	0,000033
6	-0,000001163	-0,000077	-0,000057	-4,125E-18	0,000005844	0,000033
7	0,000007206	-0,000077	-0,000057	0,000004659	0,000005844	0,000033
8	0,000016	-0,000077	-0,000059	0,000006689	0,000005844	0,000033
9	0,000024	-0,000077	-0,000061	0,000007031	0,000005844	0,000033
10	0,000032	-0,000077	-0,000062	0,00000618	0,000005844	0,000033
11	0,000039	-0,000077	-0,000063	0,000005928	0,000005844	0,000033
12	-0,000041	-0,000052	-0,000067	-0,000005874	0,000004976	0,000033
13	-0,000035	-0,000052	-0,000066	-0,00000616	0,000004976	0,000033
14	-0,000026	-0,000052	-0,000065	-0,000007215	0,000004976	0,000033
15	-0,000018	-0,000052	-0,000063	-0,000007231	0,000004976	0,000033
16	-0,000009533	-0,000052	-0,000061	-0,000005147	0,000004976	0,000033
17	-0,000001163	-0,000052	-0,00006	-5,448E-18	0,000004976	0,000033
18	0,000007207	-0,000052	-0,000061	0,000005147	0,000004976	0,000033
19	0,000016	-0,000052	-0,000063	0,000007231	0,000004976	0,000033
20	0,000024	-0,000052	-0,000065	0,000007215	0,000004976	0,000033
21	0,000032	-0,000052	-0,000066	0,00000616	0,000004976	0,000033
22	0,000039	-0,000052	-0,000067	0,000005874	0,000004976	0,000033
23	-0,000026	-0,000069	-0,000062	-0,00000727	0,000005612	0,000033
24	-0,000026	-0,000061	-0,000063	-0,000007331	0,000005319	0,000033
25	0,000024	-0,000069	-0,000062	0,00000727	0,000005612	0,000033
26	0,000024	-0,000061	-0,000063	0,000007331	0,000005319	0,000033
79	0,000024	-0,000078	-0,000061	0,000042	0,000006793	0,000033
80	0,000024	-0,000069	-0,000062	0,000042	0,000006806	0,000033
81	0,000024	-0,000061	-0,000064	0,000042	0,000008333	0,000034
82	0,000024	-0,000053	-0,000065	0,000042	-0,00000497	0,000034
91	-0,000026	-0,000077	-0,000061	-0,000042	0,000006793	0,000033
92	-0,000026	-0,000069	-0,000062	-0,000042	0,000006806	0,000033

93	-0,000026	-0,000061	-0,000064	-0,000042	0,000008333	0,000033
94	-0,000026	-0,000052	-0,000065	-0,000042	-0,00000497	0,000033
462	-0,000041	-0,000044	-0,000058	0,000002372	-0,000107	0,000033
463	-0,000034	-0,000044	-0,000058	0,000002168	-0,000107	0,000033
464	-0,000026	-0,000044	-0,000059	0,000001561	-0,000107	0,000033
465	-0,000017	-0,000044	-0,000059	-1,717E-07	-0,000107	0,000033
466	-0,000008764	-0,000044	-0,000059	-7,221E-07	-0,000107	0,000033
467	-3,938E-07	-0,000044	-0,000058	-4,798E-18	-0,000107	0,000033
468	0,000007976	-0,000044	-0,000059	7,221E-07	-0,000107	0,000033
469	0,000016	-0,000044	-0,000059	1,717E-07	-0,000107	0,000033
470	0,000025	-0,000044	-0,000059	-0,000001561	-0,000107	0,000033
471	0,000033	-0,000044	-0,000058	-0,000002168	-0,000107	0,000033
472	0,00004	-0,000044	-0,000058	-0,000002372	-0,000107	0,000033
473	-0,000041	-0,000019	0,000023	0,000001296	-0,000108	0,000033
474	-0,000034	-0,000019	0,000023	0,000001775	-0,000108	0,000033
475	-0,000026	-0,000019	0,000022	0,000005213	-0,000108	0,000033
476	-0,000017	-0,000019	0,00002	0,000011	-0,000108	0,000033
477	-0,000008763	-0,000019	0,000017	0,000008943	-0,000108	0,000033
478	-3,932E-07	-0,000019	0,000016	-3,732E-18	-0,000108	0,000033
479	0,000007976	-0,000019	0,000017	-0,000008943	-0,000108	0,000033
480	0,000016	-0,000019	0,00002	-0,000011	-0,000108	0,000033
481	0,000025	-0,000019	0,000022	-0,000005213	-0,000108	0,000033
482	0,000033	-0,000019	0,000023	-0,000001775	-0,000108	0,000033
483	0,00004	-0,000019	0,000023	-0,000001296	-0,000108	0,000033
484	-0,000026	-0,000036	-0,000032	0,000002548	-0,000108	0,000033
485	-0,000026	-0,000027	-0,000004883	0,000003763	-0,000108	0,000033
486	0,000025	-0,000036	-0,000032	-0,000002548	-0,000108	0,000033
487	0,000025	-0,000027	-0,000004883	-0,000003763	-0,000108	0,000033
488	0,000024	-0,000044	-0,000057	0,000042	-0,000069	0,000034
489	0,000024	-0,000036	-0,000033	0,000042	-0,000116	0,000033
490	0,000024	-0,000027	3,512E-07	0,000042	-0,000155	0,000033
491	0,000024	-0,000019	0,000036	0,000042	-0,000077	0,000033
492	-0,000026	-0,000044	-0,000057	-0,000042	-0,000069	0,000033
493	-0,000026	-0,000035	-0,000033	-0,000042	-0,000116	0,000033
494	-0,000026	-0,000027	3,512E-07	-0,000042	-0,000155	0,000034
495	-0,000026	-0,000019	0,000036	-0,000042	-0,000077	0,000034
496	-0,000052	-0,000011	-0,000028	-0,000089	0,001321	0,000033
497	-0,000045	-0,000011	-0,000011	-0,000089	0,001321	0,000033
498	-0,000036	-0,000011	0,000012	-0,000087	0,001321	0,000033
499	-0,000028	-0,000011	0,000029	-0,000059	0,001321	0,000033
500	-0,00002	-0,000011	0,00004	-0,000033	0,001321	0,000033
501	-0,000011	-0,000011	0,000044	-4,204E-18	0,001321	0,000033
502	-0,000002946	-0,000011	0,00004	0,000033	0,001321	0,000033
503	0,000005422	-0,000011	0,000029	0,000059	0,001321	0,000033
504	0,000014	-0,00001	0,000012	0,000087	0,001321	0,000033
505	0,000022	-0,00001	-0,000011	0,000089	0,001321	0,000033

506	0,000029	-0,00001	-0,000028	0,000089	0,001321	0,000033
507	-0,000052	0,000015	-0,001048	-0,000075	0,001411	0,000033
508	-0,000045	0,000015	-0,001033	-0,000084	0,001411	0,000033
509	-0,000036	0,000015	-0,001011	-0,000134	0,001411	0,000033
510	-0,000028	0,000015	-0,000962	-0,000194	0,001411	0,000033
511	-0,00002	0,000015	-0,000913	-0,000155	0,001411	0,000033
512	-0,000011	0,000015	-0,000891	-1,995E-17	0,001411	0,000033
513	-0,000003007	0,000015	-0,000913	0,000155	0,001411	0,000033
514	0,000005361	0,000015	-0,000962	0,000194	0,001411	0,000033
515	0,000014	0,000015	-0,001011	0,000134	0,001411	0,000033
516	0,000022	0,000015	-0,001033	0,000084	0,001411	0,000033
517	0,000029	0,000015	-0,001048	0,000075	0,001411	0,000033
518	-0,000036	-0,000002134	-0,000319	-0,000103	0,001343	0,000033
519	-0,000036	0,000006239	-0,000659	-0,000118	0,001384	0,000033
520	0,000014	-0,000002132	-0,000319	0,000103	0,001343	0,000033
521	0,000014	0,000006234	-0,000659	0,000118	0,001384	0,000033
522	0,000024	-0,000011	-0,000023	0,000042	0,000733	0,000033
523	0,000024	-0,000002616	-0,000295	0,000042	0,0013	0,000033
524	0,000024	0,000005639	-0,000656	0,000042	0,001678	0,000033
525	0,000025	0,000014	-0,001211	0,000042	0,002895	0,000033
526	-0,000026	-0,00001	-0,000023	-0,000042	0,000733	0,000034
527	-0,000026	-0,00000165	-0,000295	-0,000042	0,0013	0,000034
528	-0,000026	0,000006834	-0,000656	-0,000042	0,001678	0,000034
529	-0,000026	0,000015	-0,001211	-0,000042	0,002895	0,000034
530	-0,000029	0,000023	-0,001641	-0,000138	-0,001842	0,000033
531	-0,000022	0,000023	-0,001614	-0,000152	-0,001842	0,000033
532	-0,000014	0,000023	-0,001574	-0,000231	-0,001842	0,000033
533	-0,000005392	0,000023	-0,001492	-0,000322	-0,001842	0,000033
534	0,000002977	0,000023	-0,001412	-0,000253	-0,001842	0,000033
535	0,000011	0,000023	-0,001376	-2,34E-17	-0,001842	0,000033
536	0,00002	0,000023	-0,001412	0,000253	-0,001842	0,000033
537	0,000028	0,000023	-0,001492	0,000322	-0,001842	0,000033
538	0,000036	0,000023	-0,001574	0,000231	-0,001842	0,000033
539	0,000045	0,000023	-0,001614	0,000152	-0,001842	0,000033
540	0,000052	0,000023	-0,001641	0,000138	-0,001842	0,000033
541	-0,000029	0,000048	-0,000244	-0,000157	-0,001872	0,000033
542	-0,000022	0,000048	-0,000213	-0,000158	-0,001872	0,000033
543	-0,000014	0,000048	-0,000173	-0,000167	-0,001872	0,000033
544	-0,000005364	0,000048	-0,000134	-0,000136	-0,001872	0,000033
545	0,000003005	0,000048	-0,000106	-0,000086	-0,001872	0,000033
546	0,000011	0,000048	-0,000095	-1,979E-18	-0,001872	0,000033
547	0,00002	0,000048	-0,000106	0,000086	-0,001872	0,000033
548	0,000028	0,000048	-0,000134	0,000136	-0,001872	0,000033
549	0,000036	0,000048	-0,000173	0,000167	-0,001872	0,000033
550	0,000045	0,000048	-0,000213	0,000158	-0,001872	0,000033
551	0,000052	0,000048	-0,000244	0,000157	-0,001872	0,000033

552	-0,000014	0,000031	-0,001112	-0,000209	-0,001867	0,000033
553	-0,000014	0,00004	-0,000642	-0,000188	-0,001878	0,000033
554	0,000036	0,000031	-0,001112	0,000209	-0,001867	0,000033
555	0,000036	0,00004	-0,000642	0,000188	-0,001878	0,000033
556	0,000025	0,000022	-0,0018	0,000042	-9,337E-07	0,000033
557	0,000024	0,00003	-0,00126	0,000042	-0,002886	0,000034
558	0,000024	0,000039	-0,000633	0,000042	-0,002133	0,000034
559	0,000024	0,000048	-0,000194	0,000042	-0,001293	0,000034
560	-0,000026	0,000024	-0,0018	-0,000042	-9,337E-07	0,000034
561	-0,000026	0,000032	-0,00126	-0,000042	-0,002886	0,000033
562	-0,000026	0,00004	-0,000633	-0,000042	-0,002133	0,000033
563	-0,000026	0,000049	-0,000194	-0,000042	-0,001293	0,000033
564	-0,000041	0,000056	-0,000025	-0,000001455	0,000028	0,000033
565	-0,000034	0,000056	-0,000024	-0,000001379	0,000028	0,000033
566	-0,000026	0,000056	-0,000024	-3,093E-07	0,000028	0,000033
567	-0,000018	0,000056	-0,000024	0,000001896	0,000028	0,000033
568	-0,000009156	0,000056	-0,000025	0,000001929	0,000028	0,000033
569	-7,867E-07	0,000056	-0,000025	-2,856E-18	0,000028	0,000033
570	0,000007583	0,000056	-0,000025	-0,000001929	0,000028	0,000033
571	0,000016	0,000056	-0,000024	-0,000001896	0,000028	0,000033
572	0,000024	0,000056	-0,000024	3,093E-07	0,000028	0,000033
573	0,000033	0,000056	-0,000024	0,000001379	0,000028	0,000033
574	0,000039	0,000056	-0,000025	0,000001455	0,000028	0,000033
575	-0,000041	0,000082	-0,000049	-0,00000113	0,000036	0,000033
576	-0,000034	0,000082	-0,000049	-0,000001259	0,000036	0,000033
577	-0,000026	0,000082	-0,000048	-0,000001412	0,000036	0,000033
578	-0,000018	0,000082	-0,000048	-0,00000134	0,000036	0,000033
579	-0,000009162	0,000082	-0,000048	-0,000000991	0,000036	0,000033
580	-0,000000793	0,000082	-0,000048	-3,621E-18	0,000036	0,000033
581	0,000007577	0,000082	-0,000048	0,000000991	0,000036	0,000033
582	0,000016	0,000082	-0,000048	0,00000134	0,000036	0,000033
583	0,000024	0,000082	-0,000048	0,000001412	0,000036	0,000033
584	0,000033	0,000082	-0,000049	0,000001259	0,000036	0,000033
585	0,000039	0,000082	-0,000049	0,00000113	0,000036	0,000033
586	-0,000026	0,000065	-0,000031	-8,868E-07	0,000031	0,000033
587	-0,000026	0,000073	-0,000039	-0,000001253	0,000035	0,000033
588	0,000024	0,000065	-0,000031	8,868E-07	0,000031	0,000033
589	0,000024	0,000073	-0,000039	0,000001253	0,000035	0,000033
590	0,000024	0,000056	-0,000023	0,000042	-0,000199	0,000034
591	0,000024	0,000065	-0,000021	0,000042	0,00008	0,000034
592	0,000024	0,000073	-0,000039	0,000042	0,000055	0,000034
593	0,000024	0,000081	-0,00005	0,000042	0,000037	0,000033
594	-0,000026	0,000057	-0,000023	-0,000042	-0,000199	0,000033
595	-0,000026	0,000065	-0,000021	-0,000042	0,00008	0,000033
596	-0,000026	0,000073	-0,000039	-0,000042	0,000055	0,000033
597	-0,000026	0,000082	-0,00005	-0,000042	0,000037	0,000034

598	-0,000041	0,00009	-0,00006	-0,000005412	0,00000579	0,000033
599	-0,000034	0,00009	-0,000059	-0,000005638	0,00000579	0,000033
600	-0,000026	0,00009	-0,000058	-0,000006336	0,00000579	0,000033
601	-0,000017	0,00009	-0,000056	-0,000005894	0,00000579	0,000033
602	-0,000009087	0,00009	-0,000055	-0,000004071	0,00000579	0,000033
603	-0,000000717	0,00009	-0,000054	-3,3E-18	0,00000579	0,000033
604	0,000007653	0,00009	-0,000055	0,000004071	0,00000579	0,000033
605	0,000016	0,00009	-0,000056	0,000005894	0,00000579	0,000033
606	0,000024	0,00009	-0,000058	0,000006336	0,00000579	0,000033
607	0,000033	0,00009	-0,000059	0,000005638	0,00000579	0,000033
608	0,000039	0,00009	-0,00006	0,000005412	0,00000579	0,000033
609	-0,000041	0,000115	-0,000064	-0,00000536	0,000004674	0,000033
610	-0,000034	0,000115	-0,000063	-0,000005619	0,000004674	0,000033
611	-0,000026	0,000115	-0,000062	-0,000006512	0,000004674	0,000033
612	-0,000017	0,000115	-0,00006	-0,00000641	0,000004674	0,000033
613	-0,000009086	0,000115	-0,000058	-0,000004536	0,000004674	0,000033
614	-7,164E-07	0,000115	-0,000058	-3,529E-18	0,000004674	0,000033
615	0,000007653	0,000115	-0,000058	0,000004536	0,000004674	0,000033
616	0,000016	0,000115	-0,00006	0,00000641	0,000004674	0,000033
617	0,000024	0,000115	-0,000062	0,000006512	0,000004674	0,000033
618	0,000033	0,000115	-0,000063	0,000005619	0,000004674	0,000033
619	0,000039	0,000115	-0,000064	0,00000536	0,000004674	0,000033
620	-0,000026	0,000098	-0,000059	-0,000006575	0,000005394	0,000033
621	-0,000026	0,000107	-0,00006	-0,000006634	0,000004981	0,000033
622	0,000024	0,000098	-0,000059	0,000006575	0,000005394	0,000033
623	0,000024	0,000107	-0,00006	0,000006634	0,000004981	0,000033
624	0,000024	0,00009	-0,000057	0,000042	0,000019	0,000033
625	0,000024	0,000098	-0,00006	0,000042	0,000005321	0,000033
626	0,000024	0,000107	-0,000061	0,000042	0,000004207	0,000033
627	0,000024	0,000115	-0,000062	0,000042	0,000002153	0,000033
628	-0,000026	0,00009	-0,000057	-0,000042	0,000019	0,000034
629	-0,000026	0,000098	-0,00006	-0,000042	0,000005321	0,000034
630	-0,000026	0,000107	-0,000061	-0,000042	0,000004207	0,000033
631	-0,000026	0,000115	-0,000062	-0,000042	0,000002153	0,000033
632	-0,000041	0,000123	-0,000064	-0,00000565	-3,248E-07	0,000033
633	-0,000034	0,000123	-0,000063	-0,000005907	-3,248E-07	0,000033
634	-0,000026	0,000123	-0,000061	-0,000006794	-3,248E-07	0,000033
635	-0,000017	0,000123	-0,00006	-0,000006597	-3,248E-07	0,000033
636	-0,00000904	0,000123	-0,000058	-0,000004638	-3,248E-07	0,000033
637	-6,706E-07	0,000123	-0,000058	-4,029E-18	-3,248E-07	0,000033
638	0,000007699	0,000123	-0,000058	0,000004638	-3,248E-07	0,000033
639	0,000016	0,000123	-0,00006	0,000006597	-3,248E-07	0,000033
640	0,000024	0,000123	-0,000061	0,000006794	-3,248E-07	0,000033
641	0,000033	0,000123	-0,000063	0,000005907	-3,248E-07	0,000033
642	0,00004	0,000123	-0,000064	0,00000565	-3,248E-07	0,000033
643	-0,000041	0,000149	-0,000064	-0,000005655	-7,725E-07	0,000033

644	-0,000034	0,000149	-0,000063	-0,000005909	-7,725E-07	0,000033
645	-0,000026	0,000149	-0,000061	-0,000006776	-7,725E-07	0,000033
646	-0,000017	0,000149	-0,000059	-0,000006542	-7,725E-07	0,000033
647	-0,00000904	0,000149	-0,000058	-0,000004589	-7,725E-07	0,000033
648	-6,706E-07	0,000149	-0,000057	-3,903E-18	-7,725E-07	0,000033
649	0,000007699	0,000149	-0,000058	0,000004589	-7,725E-07	0,000033
650	0,000016	0,000149	-0,000059	0,000006542	-7,725E-07	0,000033
651	0,000024	0,000149	-0,000061	0,000006776	-7,725E-07	0,000033
652	0,000033	0,000149	-0,000063	0,000005909	-7,725E-07	0,000033
653	0,00004	0,000149	-0,000064	0,000005655	-7,725E-07	0,000033
654	-0,000026	0,000132	-0,000061	-0,000006967	-4,948E-07	0,000033
655	-0,000026	0,00014	-0,000061	-0,000006961	-6,038E-07	0,000033
656	0,000024	0,000132	-0,000061	0,000006967	-4,948E-07	0,000033
657	0,000024	0,00014	-0,000061	0,000006961	-6,038E-07	0,000033
658	0,000024	0,000123	-0,000062	0,000042	-7,431E-07	0,000033
659	0,000024	0,000132	-0,000062	0,000042	-6,952E-07	0,000033
660	0,000024	0,00014	-0,000061	0,000042	-5,831E-07	0,000033
661	0,000024	0,000148	-0,000061	0,000042	-4,063E-07	0,000033
662	-0,000026	0,000124	-0,000062	-0,000042	-7,431E-07	0,000033
663	-0,000026	0,000132	-0,000062	-0,000042	-6,952E-07	0,000033
664	-0,000026	0,00014	-0,000061	-0,000042	-5,831E-07	0,000033
665	-0,000026	0,000149	-0,000061	-0,000042	-4,063E-07	0,000033
666	-0,000041	0,000157	-0,000064	-0,000005534	-8,167E-07	0,000033
667	-0,000034	0,000157	-0,000062	-0,000005787	-8,167E-07	0,000033
668	-0,000026	0,000157	-0,000061	-0,00000665	-8,167E-07	0,000033
669	-0,000017	0,000157	-0,000059	-0,000006446	-8,167E-07	0,000033
670	-0,000009036	0,000157	-0,000058	-0,000004531	-8,167E-07	0,000033
671	-6,667E-07	0,000157	-0,000057	-3,475E-18	-8,167E-07	0,000033
672	0,000007703	0,000157	-0,000058	0,000004531	-8,167E-07	0,000033
673	0,000016	0,000157	-0,000059	0,000006446	-8,167E-07	0,000033
674	0,000024	0,000157	-0,000061	0,00000665	-8,167E-07	0,000033
675	0,000033	0,000157	-0,000062	0,000005787	-8,167E-07	0,000033
676	0,00004	0,000157	-0,000064	0,000005534	-8,167E-07	0,000033
677	-0,000041	0,000182	-0,000063	-0,000005545	-0,000001358	0,000033
678	-0,000034	0,000182	-0,000062	-0,000005791	-0,000001358	0,000033
679	-0,000026	0,000182	-0,00006	-0,000006613	-0,000001358	0,000033
680	-0,000017	0,000182	-0,000058	-0,000006339	-0,000001358	0,000033
681	-0,000009036	0,000182	-0,000057	-0,000004433	-0,000001358	0,000033
682	-6,666E-07	0,000182	-0,000056	-3,583E-18	-0,000001358	0,000033
683	0,000007703	0,000182	-0,000057	0,000004433	-0,000001358	0,000033
684	0,000016	0,000182	-0,000058	0,000006339	-0,000001358	0,000033
685	0,000024	0,000182	-0,00006	0,000006613	-0,000001358	0,000033
686	0,000033	0,000182	-0,000062	0,000005791	-0,000001358	0,000033
687	0,00004	0,000182	-0,000063	0,000005545	-0,000001358	0,000033
688	-0,000026	0,000165	-0,000061	-0,000006818	-0,000001009	0,000033
689	-0,000026	0,000174	-0,00006	-0,000006805	-0,000001162	0,000033

690	0,000024	0,000165	-0,000061	0,000006818	-0,000001009	0,000033
691	0,000024	0,000174	-0,00006	0,000006805	-0,000001162	0,000033
692	0,000024	0,000157	-0,000061	0,000042	-0,000000528	0,000033
693	0,000024	0,000165	-0,000061	0,000042	-9,643E-07	0,000033
694	0,000024	0,000173	-0,000061	0,000042	-0,000001421	0,000033
695	0,000024	0,000182	-0,00006	0,000042	-0,000002304	0,000033
696	-0,000026	0,000157	-0,000061	-0,000042	-0,000000528	0,000033
697	-0,000026	0,000165	-0,000061	-0,000042	-9,643E-07	0,000033
698	-0,000026	0,000174	-0,000061	-0,000042	-0,000001421	0,000033
699	-0,000026	0,000182	-0,00006	-0,000042	-0,000002304	0,000033

RESULTADOS SAP PRIMERA MODELIZACIÓN

TABLE: Joint Displacements							
Joint	OutputCase	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	Text	mm	mm	mm	Radians	Radians	Radians
1	CONFIGURACIÓN 1	0	0	0,0047	0	1,9E-05	0
2	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,00708	0	2,5E-05	0
3	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,02808	0	5,3E-05	0
4	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,07329	0	0,0001	0
5	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,14691	0	0,00013	0
6	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,20775	0	5,3E-06	0
7	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,15525	0	-9,6E-05	0
8	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,11153	0	-2,2E-05	0
9	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,13157	0	7,8E-05	0
10	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,19356	0	7,1E-05	0
11	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,17988	0	-0,0001	0
12	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,10096	0	-0,00012	0
13	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,04252	0	-7,1E-05	0
14	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,01554	0	-2,6E-05	0
15	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,0088	0	-3,1E-06	0
16	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,01003	0	3,3E-06	0
17	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,0119	0	1,5E-06	0
18	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,01157	0	-2,4E-06	0
19	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,00945	0	-2,7E-06	0
20	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,00942	0	7,3E-06	0
21	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,0202	0	3,6E-05	0
22	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,05477	0	8,5E-05	0
23	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,12132	0	0,00013	0
24	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,19645	0	7,1E-05	0
25	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,17528	0	-0,0001	0
26	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,10837	0	-7,7E-05	0
27	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,09102	0	2,6E-05	0
28	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,13439	0	8,2E-05	0
29	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,15936	0	-5,5E-05	0
30	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,09437	0	-0,00011	0
31	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,03789	0	-7,1E-05	0

32	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,0096	0	-0,00003	0
33	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,00049	0	-5,6E-06	0
34	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,00224	0	1,3E-05	0
35	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,01719	0	4,4E-05	0
36	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,05637	0	9,1E-05	0
37	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,1234	0	0,00011	0
38	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,17171	0	-0,00002	0
39	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,11097	0	-0,00011	0
40	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,04823	0	-8,1E-05	0
41	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,01568	0	-3,3E-05	0
42	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,0062	0	-5,8E-06	0
43	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,00683	0	3,6E-06	0
44	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,00961	0	4,2E-06	0
45	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,01157	0	2,2E-06	0
46	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,01227	0	1,6E-07	0
47	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,01177	0	-1,9E-06	0
48	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,01002	0	-3,9E-06	0
49	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,00726	0	-4,1E-06	0
50	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,00586	0	3,2E-06	0
51	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,01286	0	2,7E-05	0
52	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,04074	0	7,2E-05	0
53	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,09925	0	0,00011	0
54	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,16631	0	5,3E-05	0
55	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,13613	0	-0,00011	0
56	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,06661	0	-9,8E-05	0
57	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,02329	0	-4,9E-05	0
58	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,0068	0	-1,4E-05	0
59	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,00393	0	-3,1E-07	0
60	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,00524	0	2,6E-06	0
61	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,00661	0	1,7E-06	0
62	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,00721	0	5,4E-07	0
63	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,00732	0	1E-08	0
64	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,00727	0	-9,6E-08	0
65	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,00722	0	-4,3E-08	0
66	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,00722	0	4,7E-08	0
67	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,00727	0	1,2E-07	0
68	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,00735	0	3,9E-08	0
69	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,00727	0	-5E-07	0
70	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,00667	0	-1,8E-06	0
71	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,00511	0	-3,2E-06	0
72	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,00321	0	-1E-06	0
73	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,00517	0	1,3E-05	0
74	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,0213	0	4,8E-05	0
75	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,06326	0	8,7E-05	0
76	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,11502	0	0,00003	0
77	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,08058	0	-8,7E-05	0

78	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,03115	0	-6,2E-05	0
79	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,00796	0	-2,2E-05	0
80	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,00305	0	-1,5E-06	0
81	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,00447	0	3,2E-06	0
82	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,0063	0	2,3E-06	0
83	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,00717	0	8,1E-07	0
84	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,00735	0	5,9E-08	0
85	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,0073	0	-1,2E-07	0
86	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,00723	0	-8,5E-08	0
87	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,0072	0	-8E-09	0
88	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,00722	0	7E-08	0
89	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,00728	0	1,2E-07	0
90	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,00735	0	7,3E-09	0
91	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,00724	0	-6E-07	0
92	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,00655	0	-1,9E-06	0
93	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,00491	0	-3,2E-06	0
94	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,00317	0	-2,1E-07	0
95	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,00606	0	1,6E-05	0
96	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,0244	0	5,2E-05	0
97	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,0686	0	8,7E-05	0
98	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,1162	0	8,1E-06	0
99	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,07108	0	-9,2E-05	0
100	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,02159	0	-5,8E-05	0
101	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,00279	0	-1,5E-05	0
102	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,00096	0	1,5E-06	0
103	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,00297	0	3,1E-06	0
104	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,00428	0	1,3E-06	0
105	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,00463	0	1,9E-07	0
106	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,0046	0	-1,1E-07	0
107	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,00453	0	-8,5E-08	0
108	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,0045	0	-2,6E-08	0
109	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,0045	0	6,5E-12	0
110	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,0045	0	3,4E-09	0
111	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,0045	0	-7,7E-10	0
112	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,0045	0	-4,4E-09	0
113	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,0045	0	2,4E-09	0
114	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,0045	0	3,9E-08	0
115	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,00455	0	1,1E-07	0
116	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,00463	0	1,1E-07	0
117	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,00463	0	-3,5E-07	0
118	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,0041	0	-1,9E-06	0
119	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,00236	0	-3,8E-06	0
120	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,21126	0	-4,8E-06	0
121	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,21074	0	2,8E-06	0
122	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,16923	0	-7,6E-06	0
123	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,17418	0	-2E-06	0

124	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,17605	0	3,1E-06	0
125	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,12	0	3,4E-06	0
126	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,11751	0	-1,3E-06	0
127	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,04789	0	7,5E-05	0
128	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,00711	0	1,1E-06	0
129	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,02311	0	-0,00005	0
130	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,08253	0	0,00011	0
131	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,00729	0	-4,6E-07	0
132	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,04484	0	-7,8E-05	0
133	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,12924	0	7,4E-05	0
134	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,1577	0	9,7E-05	0
135	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,14962	0	0,00013	0
136	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,121	0	7,9E-05	0
137	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,00774	0	-1,2E-05	0
138	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,01231	0	1,1E-07	0
139	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,00739	0	-1,3E-08	0
140	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,0208	0	-4,6E-05	0
141	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,00714	0	9,6E-07	0
142	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,05181	0	7,8E-05	0
143	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,00223	0	-1,2E-05	0

TABLE: Joint Reactions

Joint	OutputCase	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	N	N	N	N-mm	N-mm	N-mm
1	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-105,81	0	0	0
2	CONFIGURACIÓN 1	0	0	159,18	0	0	0
3	CONFIGURACIÓN 1	0	0	631,74	0	0	0
4	CONFIGURACIÓN 1	0	0	1649,06	0	0	0
5	CONFIGURACIÓN 1	0	0	3305,45	0	0	0
6	CONFIGURACIÓN 1	0	0	4674,35	0	0	0
7	CONFIGURACIÓN 1	0	0	3493,02	0	0	0
8	CONFIGURACIÓN 1	0	0	2509,41	0	0	0
9	CONFIGURACIÓN 1	0	0	2960,26	0	0	0
10	CONFIGURACIÓN 1	0	0	4355,2	0	0	0
11	CONFIGURACIÓN 1	0	0	4047,4	0	0	0
12	CONFIGURACIÓN 1	0	0	2271,63	0	0	0
13	CONFIGURACIÓN 1	0	0	956,58	0	0	0
14	CONFIGURACIÓN 1	0	0	349,65	0	0	0
15	CONFIGURACIÓN 1	0	0	197,93	0	0	0
16	CONFIGURACIÓN 1	0	0	225,64	0	0	0
17	CONFIGURACIÓN 1	0	0	267,81	0	0	0
18	CONFIGURACIÓN 1	0	0	260,39	0	0	0
19	CONFIGURACIÓN 1	0	0	212,6	0	0	0
20	CONFIGURACIÓN 1	0	0	211,95	0	0	0
21	CONFIGURACIÓN 1	0	0	454,57	0	0	0

22	CONFIGURACIÓN 1	0	0	1232,43	0	0	0
23	CONFIGURACIÓN 1	0	0	2729,65	0	0	0
24	CONFIGURACIÓN 1	0	0	4420,09	0	0	0
25	CONFIGURACIÓN 1	0	0	3943,74	0	0	0
26	CONFIGURACIÓN 1	0	0	2438,41	0	0	0
27	CONFIGURACIÓN 1	0	0	2730,53	0	0	0
28	CONFIGURACIÓN 1	0	0	4031,69	0	0	0
29	CONFIGURACIÓN 1	0	0	4780,88	0	0	0
30	CONFIGURACIÓN 1	0	0	2831,17	0	0	0
31	CONFIGURACIÓN 1	0	0	1136,58	0	0	0
32	CONFIGURACIÓN 1	0	0	287,95	0	0	0
33	CONFIGURACIÓN 1	0	0	14,63	0	0	0
34	CONFIGURACIÓN 1	0	0	67,04	0	0	0
35	CONFIGURACIÓN 1	0	0	515,56	0	0	0
36	CONFIGURACIÓN 1	0	0	1691,16	0	0	0
37	CONFIGURACIÓN 1	0	0	3702,08	0	0	0
38	CONFIGURACIÓN 1	0	0	5151,27	0	0	0
39	CONFIGURACIÓN 1	0	0	3329,15	0	0	0
40	CONFIGURACIÓN 1	0	0	1446,76	0	0	0
41	CONFIGURACIÓN 1	0	0	470,42	0	0	0
42	CONFIGURACIÓN 1	0	0	185,91	0	0	0
43	CONFIGURACIÓN 1	0	0	205,02	0	0	0
44	CONFIGURACIÓN 1	0	0	288,29	0	0	0
45	CONFIGURACIÓN 1	0	0	347,23	0	0	0
46	CONFIGURACIÓN 1	0	0	368,02	0	0	0
47	CONFIGURACIÓN 1	0	0	353,21	0	0	0
48	CONFIGURACIÓN 1	0	0	300,47	0	0	0
49	CONFIGURACIÓN 1	0	0	217,72	0	0	0
50	CONFIGURACIÓN 1	0	0	175,78	0	0	0
51	CONFIGURACIÓN 1	0	0	385,7	0	0	0
52	CONFIGURACIÓN 1	0	0	1222,16	0	0	0
53	CONFIGURACIÓN 1	0	0	2977,43	0	0	0
54	CONFIGURACIÓN 1	0	0	4989,2	0	0	0
55	CONFIGURACIÓN 1	0	0	4083,98	0	0	0
56	CONFIGURACIÓN 1	0	0	1998,14	0	0	0
57	CONFIGURACIÓN 1	0	0	698,7	0	0	0
58	CONFIGURACIÓN 1	0	0	204,1	0	0	0
59	CONFIGURACIÓN 1	0	0	196,37	0	0	0
60	CONFIGURACIÓN 1	0	0	261,95	0	0	0
61	CONFIGURACIÓN 1	0	0	330,51	0	0	0
62	CONFIGURACIÓN 1	0	0	360,52	0	0	0
63	CONFIGURACIÓN 1	0	0	365,89	0	0	0
64	CONFIGURACIÓN 1	0	0	363,38	0	0	0
65	CONFIGURACIÓN 1	0	0	360,98	0	0	0
66	CONFIGURACIÓN 1	0	0	360,99	0	0	0
67	CONFIGURACIÓN 1	0	0	363,68	0	0	0

68	CONFIGURACIÓN 1	0	0	367,24	0	0	0
69	CONFIGURACIÓN 1	0	0	363,55	0	0	0
70	CONFIGURACIÓN 1	0	0	333,38	0	0	0
71	CONFIGURACIÓN 1	0	0	255,48	0	0	0
72	CONFIGURACIÓN 1	0	0	160,61	0	0	0
73	CONFIGURACIÓN 1	0	0	258,26	0	0	0
74	CONFIGURACIÓN 1	0	0	1065,08	0	0	0
75	CONFIGURACIÓN 1	0	0	3162,81	0	0	0
76	CONFIGURACIÓN 1	0	0	5751,14	0	0	0
77	CONFIGURACIÓN 1	0	0	4029,19	0	0	0
78	CONFIGURACIÓN 1	0	0	1557,66	0	0	0
79	CONFIGURACIÓN 1	0	0	397,81	0	0	0
80	CONFIGURACIÓN 1	0	0	152,47	0	0	0
81	CONFIGURACIÓN 1	0	0	223,48	0	0	0
82	CONFIGURACIÓN 1	0	0	315,04	0	0	0
83	CONFIGURACIÓN 1	0	0	358,34	0	0	0
84	CONFIGURACIÓN 1	0	0	367,6	0	0	0
85	CONFIGURACIÓN 1	0	0	364,92	0	0	0
86	CONFIGURACIÓN 1	0	0	361,41	0	0	0
87	CONFIGURACIÓN 1	0	0	360,01	0	0	0
88	CONFIGURACIÓN 1	0	0	360,94	0	0	0
89	CONFIGURACIÓN 1	0	0	364,07	0	0	0
90	CONFIGURACIÓN 1	0	0	367,37	0	0	0
91	CONFIGURACIÓN 1	0	0	361,9	0	0	0
92	CONFIGURACIÓN 1	0	0	327,62	0	0	0
93	CONFIGURACIÓN 1	0	0	245,62	0	0	0
94	CONFIGURACIÓN 1	0	0	158,7	0	0	0
95	CONFIGURACIÓN 1	0	0	303,2	0	0	0
96	CONFIGURACIÓN 1	0	0	1220,01	0	0	0
97	CONFIGURACIÓN 1	0	0	3429,88	0	0	0
98	CONFIGURACIÓN 1	0	0	5810,05	0	0	0
99	CONFIGURACIÓN 1	0	0	3553,83	0	0	0
100	CONFIGURACIÓN 1	0	0	1727,14	0	0	0
101	CONFIGURACIÓN 1	0	0	222,81	0	0	0
102	CONFIGURACIÓN 1	0	0	77,12	0	0	0
103	CONFIGURACIÓN 1	0	0	237,87	0	0	0
104	CONFIGURACIÓN 1	0	0	342,16	0	0	0
105	CONFIGURACIÓN 1	0	0	370	0	0	0
106	CONFIGURACIÓN 1	0	0	367,86	0	0	0
107	CONFIGURACIÓN 1	0	0	362,43	0	0	0
108	CONFIGURACIÓN 1	0	0	360,01	0	0	0
109	CONFIGURACIÓN 1	0	0	359,64	0	0	0
110	CONFIGURACIÓN 1	0	0	359,82	0	0	0
111	CONFIGURACIÓN 1	0	0	359,9	0	0	0
112	CONFIGURACIÓN 1	0	0	359,75	0	0	0
113	CONFIGURACIÓN 1	0	0	359,56	0	0	0

114	CONFIGURACIÓN 1	0	0	360,23	0	0	0
115	CONFIGURACIÓN 1	0	0	363,61	0	0	0
116	CONFIGURACIÓN 1	0	0	370,29	0	0	0
117	CONFIGURACIÓN 1	0	0	370,33	0	0	0
118	CONFIGURACIÓN 1	0	0	327,67	0	0	0
119	CONFIGURACIÓN 1	0	0	188,62	0	0	0

TABLE: Joint Displacements

Joint	OutputCase	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	Text	mm	mm	mm	Radians	Radians	Radians
1	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0103	0	3,368E-06	0
2	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0117	0	2,232E-07	0
3	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0106	0	-3,102E-06	0
4	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0086	0	-4,304E-07	0
5	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0116	0	0,000016	0
6	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0305	0	0,000055	0
7	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0789	0	0,000108	0
8	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,1571	0	0,000128	0
9	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,2139	0	-0,000013	0
10	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,1486	0	-0,000131	0
11	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0723	0	-0,000103	0
12	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0273	0	-0,000005	0
13	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0104	0	-0,000014	0
14	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0085	0	1,848E-06	0
15	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0113	0	5,118E-06	0
16	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0142	0	3,691E-06	0
17	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0157	0	1,681E-06	0
18	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0163	0	4,459E-07	0
19	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0163	0	1,337E-08	0
20	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0163	0	1,978E-08	0
21	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0164	0	6,158E-08	0
22	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0163	0	-2,822E-07	0
23	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0159	0	-1,453E-06	0
24	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0145	0	-3,623E-06	0
25	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0116	0	-5,794E-06	0
26	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0079	0	-0,00000422	0
27	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0078	0	8,986E-06	0
28	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0209	0	0,000042	0
29	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0605	0	0,000092	0
30	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,1283	0	0,00011	0
31	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,1697	0	-0,000034	0
32	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,1062	0	-0,000114	0
33	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0451	0	-0,000077	0
34	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0145	0	-0,000031	0
35	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,006	0	-4,717E-06	0
36	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,007	0	3,737E-06	0

37	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0096	0	3,905E-06	0
38	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0114	0	2,032E-06	0
39	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0121	0	5,976E-07	0
40	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0122	0	-1,319E-08	0
41	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0122	0	-9,35E-08	0
42	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0121	0	2,893E-08	0
43	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0122	0	1,027E-07	0
44	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0122	0	-1,485E-07	0
45	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0119	0	-1,076E-06	0
46	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0108	0	-2,818E-06	0
47	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0086	0	-4,355E-06	0
48	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0061	0	-1,834E-06	0
49	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0077	0	0,000013	0
50	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0234	0	0,000048	0
51	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0665	0	0,000097	0
52	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,136	0	0,000106	0
53	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,1663	0	-0,000053	0
54	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0993	0	-0,000114	0
55	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0409	0	-0,000072	0
56	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,013	0	-0,000028	0
57	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0055	0	-4,478E-06	0
58	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0058	0	1,557E-06	0
59	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0067	0	1,266E-06	0
60	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0072	0	5,665E-07	0
61	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0074	0	6,583E-08	0
62	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0073	0	-6,154E-07	0
63	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0066	0	-0,00000194	0
64	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,005	0	-3,237E-06	0
65	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0032	0	-5,702E-07	0
66	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0057	0	0,000015	0
67	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0232	0	0,000051	0
68	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0668	0	0,000087	0
69	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,1166	0	0,000018	0
70	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0766	0	-0,000088	0
71	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0288	0	-0,000059	0
72	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0068	0	-0,000021	0
73	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0012	0	-3,902E-06	0
74	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0009	0	0,00000171	0
75	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0039	0	0,000013	0
76	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0186	0	0,000044	0
77	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0571	0	0,000082	0
78	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,1089	0	0,000043	0
79	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0827	0	-0,000082	0
80	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0383	0	-0,000039	0
81	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0406	0	0,000045	0
82	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0876	0	0,00008	0

83	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,1059	0	-0,000054	0
84	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0529	0	-0,00008	0
85	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0166	0	-0,00004	0
86	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0043	0	-9,139E-06	0
87	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0036	0	2,031E-06	0
88	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0056	0	3,076E-06	0
89	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,007	0	1,288E-06	0
90	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0071	0	-7,963E-07	0
91	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,006	0	-0,00000277	0
92	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,004	0	-2,898E-06	0
93	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0034	0	4,944E-06	0
94	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0118	0	0,000031	0
95	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0419	0	0,000073	0
96	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0951	0	0,000076	0
97	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,1021	0	-0,000067	0
98	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0479	0	-0,000072	0
99	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0238	0	-3,298E-06	0
100	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0431	0	0,000058	0
101	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0804	0	8,197E-07	0
102	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0431	0	-0,000066	0
103	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0122	0	-0,000033	0
104	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0024	0	-6,718E-06	0
105	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0022	0	1,802E-06	0
106	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0037	0	1,963E-06	0
107	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0044	0	7,147E-07	0
108	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0046	0	5,66E-08	0
109	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0046	0	-8,275E-08	0
110	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0045	0	-5,152E-08	0
111	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0045	0	-1,571E-08	0
112	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0045	0	-3,439E-09	0
113	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0045	0	5,197E-09	0
114	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0045	0	4,024E-08	0
115	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0045	0	1,114E-07	0
116	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0046	0	1,111E-07	0
117	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0046	0	-3,512E-07	0
118	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0041	0	-1,855E-06	0
119	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0024	0	-3,783E-06	0
120	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,1151	0	-0,000127	0
121	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0138	0	-4,328E-06	0
122	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0479	0	0,000079	0
123	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0114	0	2,083E-06	0
124	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0826	0	-0,000106	0
125	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0229	0	0,00005	0
126	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0458	0	-0,000069	0
127	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,1203	0	-3,859E-06	0
128	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,1185	0	-5,244E-07	0

129	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,1177	0	1,096E-06	0
130	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,176	0	-2,965E-06	0
131	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,1191	0	0,00000249	0
132	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,1748	0	-2,761E-06	0
133	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,2153	0	-1,218E-06	0
134	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,1959	0	-0,00009	0
135	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0157	0	-1,946E-06	0
136	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0157	0	0,000032	0
137	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0123	0	-1,441E-07	0
138	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0107	0	-2,884E-06	0
139	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0042	0	-2,918E-06	0
140	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,1162	0	-0,000016	0
141	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,1164	0	-0,000018	0
142	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,1181	0	-0,000022	0
143	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0794	0	-0,000012	0

TABLE: Joint Reactions							
Joint	OutputCase	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	N	N	N	N-mm	N-mm	N-mm
1	CONFIGURACIÓN 2	0	0	231,95	0	0	0
2	CONFIGURACIÓN 2	0	0	262,53	0	0	0
3	CONFIGURACIÓN 2	0	0	237,54	0	0	0
4	CONFIGURACIÓN 2	0	0	193,19	0	0	0
5	CONFIGURACIÓN 2	0	0	259,86	0	0	0
6	CONFIGURACIÓN 2	0	0	687	0	0	0
7	CONFIGURACIÓN 2	0	0	1775,6	0	0	0
8	CONFIGURACIÓN 2	0	0	3534,1	0	0	0
9	CONFIGURACIÓN 2	0	0	4813,8	0	0	0
10	CONFIGURACIÓN 2	0	0	3342,5	0	0	0
11	CONFIGURACIÓN 2	0	0	1627,9	0	0	0
12	CONFIGURACIÓN 2	0	0	613,66	0	0	0
13	CONFIGURACIÓN 2	0	0	234,96	0	0	0
14	CONFIGURACIÓN 2	0	0	191,47	0	0	0
15	CONFIGURACIÓN 2	0	0	255,11	0	0	0
16	CONFIGURACIÓN 2	0	0	318,37	0	0	0
17	CONFIGURACIÓN 2	0	0	353,36	0	0	0
18	CONFIGURACIÓN 2	0	0	365,63	0	0	0
19	CONFIGURACIÓN 2	0	0	367,32	0	0	0
20	CONFIGURACIÓN 2	0	0	367,04	0	0	0
21	CONFIGURACIÓN 2	0	0	367,94	0	0	0
22	CONFIGURACIÓN 2	0	0	367,78	0	0	0
23	CONFIGURACIÓN 2	0	0	358,34	0	0	0
24	CONFIGURACIÓN 2	0	0	326,14	0	0	0
25	CONFIGURACIÓN 2	0	0	260,51	0	0	0
26	CONFIGURACIÓN 2	0	0	178,7	0	0	0

27	CONFIGURACIÓN 2	0	0	232,69	0	0	0
28	CONFIGURACIÓN 2	0	0	626,83	0	0	0
29	CONFIGURACIÓN 2	0	0	1815	0	0	0
30	CONFIGURACIÓN 2	0	0	3850,2	0	0	0
31	CONFIGURACIÓN 2	0	0	5092	0	0	0
32	CONFIGURACIÓN 2	0	0	3185,1	0	0	0
33	CONFIGURACIÓN 2	0	0	1353,2	0	0	0
34	CONFIGURACIÓN 2	0	0	434,7	0	0	0
35	CONFIGURACIÓN 2	0	0	181,09	0	0	0
36	CONFIGURACIÓN 2	0	0	208,61	0	0	0
37	CONFIGURACIÓN 2	0	0	289,08	0	0	0
38	CONFIGURACIÓN 2	0	0	342,65	0	0	0
39	CONFIGURACIÓN 2	0	0	363,64	0	0	0
40	CONFIGURACIÓN 2	0	0	366,8	0	0	0
41	CONFIGURACIÓN 2	0	0	364,86	0	0	0
42	CONFIGURACIÓN 2	0	0	364,09	0	0	0
43	CONFIGURACIÓN 2	0	0	365,75	0	0	0
44	CONFIGURACIÓN 2	0	0	366,74	0	0	0
45	CONFIGURACIÓN 2	0	0	358,23	0	0	0
46	CONFIGURACIÓN 2	0	0	325,41	0	0	0
47	CONFIGURACIÓN 2	0	0	257,44	0	0	0
48	CONFIGURACIÓN 2	0	0	181,62	0	0	0
49	CONFIGURACIÓN 2	0	0	229,71	0	0	0
50	CONFIGURACIÓN 2	0	0	702,66	0	0	0
51	CONFIGURACIÓN 2	0	0	1995	0	0	0
52	CONFIGURACIÓN 2	0	0	4080,8	0	0	0
53	CONFIGURACIÓN 2	0	0	4988,5	0	0	0
54	CONFIGURACIÓN 2	0	0	2979,7	0	0	0
55	CONFIGURACIÓN 2	0	0	1226,8	0	0	0
56	CONFIGURACIÓN 2	0	0	388,91	0	0	0
57	CONFIGURACIÓN 2	0	0	165,88	0	0	0
58	CONFIGURACIÓN 2	0	0	173,14	0	0	0
59	CONFIGURACIÓN 2	0	0	336,12	0	0	0
60	CONFIGURACIÓN 2	0	0	362,33	0	0	0
61	CONFIGURACIÓN 2	0	0	371,17	0	0	0
62	CONFIGURACIÓN 2	0	0	365,31	0	0	0
63	CONFIGURACIÓN 2	0	0	330,8	0	0	0
64	CONFIGURACIÓN 2	0	0	249,05	0	0	0
65	CONFIGURACIÓN 2	0	0	157,74	0	0	0
66	CONFIGURACIÓN 2	0	0	283	0	0	0
67	CONFIGURACIÓN 2	0	0	1159,4	0	0	0
68	CONFIGURACIÓN 2	0	0	3338,5	0	0	0
69	CONFIGURACIÓN 2	0	0	5829,2	0	0	0
70	CONFIGURACIÓN 2	0	0	3827,6	0	0	0
71	CONFIGURACIÓN 2	0	0	1437,8	0	0	0
72	CONFIGURACIÓN 2	0	0	339,13	0	0	0

73	CONFIGURACIÓN 2	0	0	60,48	0	0	0
74	CONFIGURACIÓN 2	0	0	43,02	0	0	0
75	CONFIGURACIÓN 2	0	0	193,55	0	0	0
76	CONFIGURACIÓN 2	0	0	927,93	0	0	0
77	CONFIGURACIÓN 2	0	0	2855	0	0	0
78	CONFIGURACIÓN 2	0	0	5447,3	0	0	0
79	CONFIGURACIÓN 2	0	0	4137,2	0	0	0
80	CONFIGURACIÓN 2	0	0	1916,2	0	0	0
81	CONFIGURACIÓN 2	0	0	2029,7	0	0	0
82	CONFIGURACIÓN 2	0	0	4381,3	0	0	0
83	CONFIGURACIÓN 2	0	0	5292,8	0	0	0
84	CONFIGURACIÓN 2	0	0	2645,4	0	0	0
85	CONFIGURACIÓN 2	0	0	831,21	0	0	0
86	CONFIGURACIÓN 2	0	0	212,91	0	0	0
87	CONFIGURACIÓN 2	0	0	179,66	0	0	0
88	CONFIGURACIÓN 2	0	0	280,7	0	0	0
89	CONFIGURACIÓN 2	0	0	349,07	0	0	0
90	CONFIGURACIÓN 2	0	0	356,4	0	0	0
91	CONFIGURACIÓN 2	0	0	301,88	0	0	0
92	CONFIGURACIÓN 2	0	0	200,08	0	0	0
93	CONFIGURACIÓN 2	0	0	170,58	0	0	0
94	CONFIGURACIÓN 2	0	0	591,7	0	0	0
95	CONFIGURACIÓN 2	0	0	2093,4	0	0	0
96	CONFIGURACIÓN 2	0	0	4752,9	0	0	0
97	CONFIGURACIÓN 2	0	0	5107,3	0	0	0
98	CONFIGURACIÓN 2	0	0	2394,2	0	0	0
99	CONFIGURACIÓN 2	0	0	1192	0	0	0
100	CONFIGURACIÓN 2	0	0	3449,7	0	0	0
101	CONFIGURACIÓN 2	0	0	6432,3	0	0	0
102	CONFIGURACIÓN 2	0	0	3446,3	0	0	0
103	CONFIGURACIÓN 2	0	0	978,68	0	0	0
104	CONFIGURACIÓN 2	0	0	192,46	0	0	0
105	CONFIGURACIÓN 2	0	0	178,48	0	0	0
106	CONFIGURACIÓN 2	0	0	294,03	0	0	0
107	CONFIGURACIÓN 2	0	0	354,85	0	0	0
108	CONFIGURACIÓN 2	0	0	367,68	0	0	0
109	CONFIGURACIÓN 2	0	0	364,71	0	0	0
110	CONFIGURACIÓN 2	0	0	361,2	0	0	0
111	CONFIGURACIÓN 2	0	0	359,81	0	0	0
112	CONFIGURACIÓN 2	0	0	359,49	0	0	0
113	CONFIGURACIÓN 2	0	0	359,44	0	0	0
114	CONFIGURACIÓN 2	0	0	360,21	0	0	0
115	CONFIGURACIÓN 2	0	0	363,62	0	0	0
116	CONFIGURACIÓN 2	0	0	370,29	0	0	0
117	CONFIGURACIÓN 2	0	0	370,33	0	0	0
118	CONFIGURACIÓN 2	0	0	327,67	0	0	0

119	CONFIGURACIÓN 2	0	0	188,62	0	0	0
-----	-----------------	---	---	--------	---	---	---

TABLE: Joint Displacements							
Joint	OutputCase	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	Text	mm	mm	mm	Radians	Radians	Radians
1	CONFIGURACIÓN 3	0	0	0,013867	0	0,000059	0
2	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,022699	0	0,000071	0
3	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,074387	0	0,000107	0
4	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,149211	0	0,000125	0
5	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,209342	0	3,81E-06	0
6	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,155942	0	-9,7E-05	0
7	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,111681	0	-2,3E-05	0
8	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,131508	0	0,000078	0
9	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,193477	0	0,000071	0
10	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,179828	0	-0,0001	0
11	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,100938	0	-0,00012	0
12	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,04251	0	-7,1E-05	0
13	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,015543	0	-2,6E-05	0
14	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,008804	0	-3,1E-06	0
15	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,010039	0	3,34E-06	0
16	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,011917	0	1,46E-06	0
17	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,011584	0	-2,4E-06	0
18	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,00943	0	-2,8E-06	0
19	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,009318	0	7,11E-06	0
20	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,019958	0	0,000036	0
21	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,054401	0	0,000085	0
22	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,121087	0	0,000128	0
23	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,197157	0	0,000073	0
24	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,178364	0	-9,6E-05	0
25	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,11529	0	-7,1E-05	0
26	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,100785	0	0,000025	0
27	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,140469	0	0,000075	0
28	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,161465	0	-0,00006	0
29	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,094608	0	-0,00011	0
30	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,038443	0	-6,9E-05	0
31	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,012312	0	-2,5E-05	0
32	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,00611	0	-2,5E-06	0
33	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,007624	0	3,85E-06	0
34	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,009904	0	2,47E-06	0
35	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,010354	0	-1,1E-06	0
36	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,008663	0	-3,8E-06	0
37	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,006377	0	-1,3E-06	0
38	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,00847	0	0,000014	0
39	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,025209	0	0,000049	0
40	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,069112	0	0,000097	0
41	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,136895	0	0,000098	0
42	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,156721	0	-6,1E-05	0
43	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,097198	0	-7,9E-05	0

44	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,07354	0	0,000012	0
45	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,110531	0	0,000009	0
46	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,165259	0	0,000018	0
47	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,118658	0	-0,00011	0
48	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,054844	0	-8,5E-05	0
49	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,018845	0	-3,8E-05	0
50	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,00706	0	-8,4E-06	0
51	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,006786	0	2,76E-06	0
52	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,009283	0	3,68E-06	0
53	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,010829	0	1,07E-06	0
54	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,010541	0	-1,8E-06	0
55	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,00888	0	-2,7E-06	0
56	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,00791	0	2,2E-06	0
57	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,012787	0	0,000019	0
58	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,032275	0	0,00005	0
59	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,073028	0	0,000079	0
60	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,1149	0	-5,3E-06	0
61	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,067601	0	-0,00008	0
62	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,033177	0	-1,7E-05	0
63	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,048974	0	0,000063	0
64	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,101023	0	0,000066	0
65	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,094149	0	-7,6E-05	0
66	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,041518	0	-7,2E-05	0
67	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,011792	0	-0,00003	0
68	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,003453	0	-4,9E-06	0
69	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,004035	0	2,87E-06	0
70	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,006051	0	2,74E-06	0
71	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,00713	0	7,85E-07	0
72	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,00698	0	-1,3E-06	0
73	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,005613	0	-3,1E-06	0
74	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,003593	0	-2E-06	0
75	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,004258	0	9,14E-06	0
76	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,016624	0	0,00004	0
77	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,052909	0	0,00008	0
78	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,105858	0	0,000054	0
79	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,08763	0	-0,00008	0
80	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,040599	0	-4,5E-05	0
81	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,038324	0	0,000039	0
82	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,082714	0	0,000082	0
83	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,108848	0	-4,3E-05	0
84	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,056943	0	-8,2E-05	0
85	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,018559	0	-4,3E-05	0
86	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,004683	0	-1,1E-05	0
87	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,003481	0	1,62E-06	0
88	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,005458	0	3,15E-06	0
89	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,006914	0	1,45E-06	0

90	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,007161	0	-6,2E-07	0
91	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,006174	0	-2,6E-06	0
92	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,004177	0	-3,1E-06	0
93	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,003278	0	3,77E-06	0
94	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,010513	0	0,000028	0
95	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,038306	0	0,000069	0
96	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,090416	0	0,000081	0
97	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,105877	0	-5,9E-05	0
98	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,051394	0	-7,6E-05	0
99	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,023672	0	-9,5E-06	0
100	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,039862	0	0,000056	0
101	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,079179	0	0,000016	0
102	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,04714	0	-6,7E-05	0
103	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,014048	0	-3,7E-05	0
104	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,00269	0	-8,3E-06	0
105	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,002092	0	1,57E-06	0
106	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,003576	0	2,13E-06	0
107	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,004459	0	8,99E-07	0
108	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,004694	0	3,18E-08	0
109	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,0045	0	-8,1E-07	0
110	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,003673	0	-2,1E-06	0
111	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,002165	0	-1,9E-06	0
112	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,00232	0	6,85E-06	0
113	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,012377	0	0,000034	0
114	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,044082	0	0,000068	0
115	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,082738	0	1,68E-07	0
116	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,044277	0	-6,7E-05	0
117	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,012634	0	-3,5E-05	0
118	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,00188	0	-9,5E-06	0
119	CONFIGURACIÓN 3	0	0	0,000862	0	-4,2E-06	0
120	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,148502	0	-0,00013	0
121	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,156263	0	-0,0001	0
122	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,11355	0	-0,00011	0
123	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,007931	0	0,000012	0
124	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,010298	0	-2,2E-06	0
125	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,020564	0	0,000046	0
126	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,049131	0	-7,3E-05	0
127	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,118358	0	0,000013	0
128	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,116129	0	0,000016	0
129	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,116431	0	0,000018	0
130	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,010702	0	1,68E-06	0
131	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,004234	0	3,1E-06	0
132	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,014723	0	-0,00003	0
133	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,190886	0	0,000075	0
134	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,211184	0	-4,8E-06	0
135	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,212064	0	6,34E-06	0

136	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,172196	0	-1,4E-05	0
137	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,170444	0	-1,2E-06	0
138	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,167683	0	7,85E-07	0
139	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,119116	0	3,91E-06	0
140	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,118513	0	5,28E-07	0
141	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,117651	0	-1,2E-06	0
142	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,119745	0	-5,3E-06	0
143	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,081753	0	3,84E-06	0

TABLE: Joint Reactions							
Joint	OutputCase	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	N	N	N	N-mm	N-mm	N-mm
1	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-312	0	0	0
2	CONFIGURACIÓN 3	0	0	510,72	0	0	0
3	CONFIGURACIÓN 3	0	0	1673,7	0	0	0
4	CONFIGURACIÓN 3	0	0	3357,3	0	0	0
5	CONFIGURACIÓN 3	0	0	4710,2	0	0	0
6	CONFIGURACIÓN 3	0	0	3508,7	0	0	0
7	CONFIGURACIÓN 3	0	0	2512,8	0	0	0
8	CONFIGURACIÓN 3	0	0	2958,9	0	0	0
9	CONFIGURACIÓN 3	0	0	4353,2	0	0	0
10	CONFIGURACIÓN 3	0	0	4046,1	0	0	0
11	CONFIGURACIÓN 3	0	0	2271,1	0	0	0
12	CONFIGURACIÓN 3	0	0	956,48	0	0	0
13	CONFIGURACIÓN 3	0	0	349,72	0	0	0
14	CONFIGURACIÓN 3	0	0	198,08	0	0	0
15	CONFIGURACIÓN 3	0	0	225,88	0	0	0
16	CONFIGURACIÓN 3	0	0	268,14	0	0	0
17	CONFIGURACIÓN 3	0	0	260,64	0	0	0
18	CONFIGURACIÓN 3	0	0	212,17	0	0	0
19	CONFIGURACIÓN 3	0	0	209,66	0	0	0
20	CONFIGURACIÓN 3	0	0	449,06	0	0	0
21	CONFIGURACIÓN 3	0	0	1224	0	0	0
22	CONFIGURACIÓN 3	0	0	2724,5	0	0	0
23	CONFIGURACIÓN 3	0	0	4436	0	0	0
24	CONFIGURACIÓN 3	0	0	4013,2	0	0	0
25	CONFIGURACIÓN 3	0	0	2594	0	0	0
26	CONFIGURACIÓN 3	0	0	2267,7	0	0	0
27	CONFIGURACIÓN 3	0	0	4214,1	0	0	0
28	CONFIGURACIÓN 3	0	0	4844	0	0	0
29	CONFIGURACIÓN 3	0	0	2838,2	0	0	0
30	CONFIGURACIÓN 3	0	0	1153,3	0	0	0
31	CONFIGURACIÓN 3	0	0	369,35	0	0	0
32	CONFIGURACIÓN 3	0	0	183,29	0	0	0
33	CONFIGURACIÓN 3	0	0	228,73	0	0	0

34	CONFIGURACIÓN 3	0	0	297,13	0	0	0
35	CONFIGURACIÓN 3	0	0	310,63	0	0	0
36	CONFIGURACIÓN 3	0	0	259,89	0	0	0
37	CONFIGURACIÓN 3	0	0	191,3	0	0	0
38	CONFIGURACIÓN 3	0	0	254,1	0	0	0
39	CONFIGURACIÓN 3	0	0	756,27	0	0	0
40	CONFIGURACIÓN 3	0	0	2073,4	0	0	0
41	CONFIGURACIÓN 3	0	0	4106,9	0	0	0
42	CONFIGURACIÓN 3	0	0	4701,6	0	0	0
43	CONFIGURACIÓN 3	0	0	2915,9	0	0	0
44	CONFIGURACIÓN 3	0	0	2206,2	0	0	0
45	CONFIGURACIÓN 3	0	0	3315,9	0	0	0
46	CONFIGURACIÓN 3	0	0	4957,8	0	0	0
47	CONFIGURACIÓN 3	0	0	3559,7	0	0	0
48	CONFIGURACIÓN 3	0	0	1645,3	0	0	0
49	CONFIGURACIÓN 3	0	0	565,35	0	0	0
50	CONFIGURACIÓN 3	0	0	211,79	0	0	0
51	CONFIGURACIÓN 3	0	0	203,59	0	0	0
52	CONFIGURACIÓN 3	0	0	278,48	0	0	0
53	CONFIGURACIÓN 3	0	0	324,88	0	0	0
54	CONFIGURACIÓN 3	0	0	316,22	0	0	0
55	CONFIGURACIÓN 3	0	0	266,4	0	0	0
56	CONFIGURACIÓN 3	0	0	237,31	0	0	0
57	CONFIGURACIÓN 3	0	0	383,61	0	0	0
58	CONFIGURACIÓN 3	0	0	968,24	0	0	0
59	CONFIGURACIÓN 3	0	0	3651,4	0	0	0
60	CONFIGURACIÓN 3	0	0	5745	0	0	0
61	CONFIGURACIÓN 3	0	0	3380,1	0	0	0
62	CONFIGURACIÓN 3	0	0	1658,8	0	0	0
63	CONFIGURACIÓN 3	0	0	2448,7	0	0	0
64	CONFIGURACIÓN 3	0	0	5051,2	0	0	0
65	CONFIGURACIÓN 3	0	0	4707,5	0	0	0
66	CONFIGURACIÓN 3	0	0	2075,9	0	0	0
67	CONFIGURACIÓN 3	0	0	589,58	0	0	0
68	CONFIGURACIÓN 3	0	0	172,64	0	0	0
69	CONFIGURACIÓN 3	0	0	201,77	0	0	0
70	CONFIGURACIÓN 3	0	0	302,54	0	0	0
71	CONFIGURACIÓN 3	0	0	356,48	0	0	0
72	CONFIGURACIÓN 3	0	0	348,99	0	0	0
73	CONFIGURACIÓN 3	0	0	280,63	0	0	0
74	CONFIGURACIÓN 3	0	0	179,63	0	0	0
75	CONFIGURACIÓN 3	0	0	212,9	0	0	0
76	CONFIGURACIÓN 3	0	0	831,2	0	0	0
77	CONFIGURACIÓN 3	0	0	2645,4	0	0	0
78	CONFIGURACIÓN 3	0	0	5292,9	0	0	0
79	CONFIGURACIÓN 3	0	0	4381,5	0	0	0

80	CONFIGURACIÓN 3	0	0	2029,9	0	0	0
81	CONFIGURACIÓN 3	0	0	1916,2	0	0	0
82	CONFIGURACIÓN 3	0	0	4135,7	0	0	0
83	CONFIGURACIÓN 3	0	0	5442,4	0	0	0
84	CONFIGURACIÓN 3	0	0	2847,1	0	0	0
85	CONFIGURACIÓN 3	0	0	927,93	0	0	0
86	CONFIGURACIÓN 3	0	0	234,14	0	0	0
87	CONFIGURACIÓN 3	0	0	174,03	0	0	0
88	CONFIGURACIÓN 3	0	0	272,91	0	0	0
89	CONFIGURACIÓN 3	0	0	345,72	0	0	0
90	CONFIGURACIÓN 3	0	0	358,07	0	0	0
91	CONFIGURACIÓN 3	0	0	308,69	0	0	0
92	CONFIGURACIÓN 3	0	0	208,87	0	0	0
93	CONFIGURACIÓN 3	0	0	163,92	0	0	0
94	CONFIGURACIÓN 3	0	0	525,65	0	0	0
95	CONFIGURACIÓN 3	0	0	1915,3	0	0	0
96	CONFIGURACIÓN 3	0	0	4520,8	0	0	0
97	CONFIGURACIÓN 3	0	0	5293,8	0	0	0
98	CONFIGURACIÓN 3	0	0	2569,7	0	0	0
99	CONFIGURACIÓN 3	0	0	1183,6	0	0	0
100	CONFIGURACIÓN 3	0	0	3188,9	0	0	0
101	CONFIGURACIÓN 3	0	0	6334,3	0	0	0
102	CONFIGURACIÓN 3	0	0	3771,2	0	0	0
103	CONFIGURACIÓN 3	0	0	1123,9	0	0	0
104	CONFIGURACIÓN 3	0	0	215,22	0	0	0
105	CONFIGURACIÓN 3	0	0	167,36	0	0	0
106	CONFIGURACIÓN 3	0	0	286,08	0	0	0
107	CONFIGURACIÓN 3	0	0	356,73	0	0	0
108	CONFIGURACIÓN 3	0	0	375,54	0	0	0
109	CONFIGURACIÓN 3	0	0	359,97	0	0	0
110	CONFIGURACIÓN 3	0	0	293,85	0	0	0
111	CONFIGURACIÓN 3	0	0	173,22	0	0	0
112	CONFIGURACIÓN 3	0	0	185,57	0	0	0
113	CONFIGURACIÓN 3	0	0	990,19	0	0	0
114	CONFIGURACIÓN 3	0	0	3526,6	0	0	0
115	CONFIGURACIÓN 3	0	0	6619,1	0	0	0
116	CONFIGURACIÓN 3	0	0	3542,1	0	0	0
117	CONFIGURACIÓN 3	0	0	1010,7	0	0	0
118	CONFIGURACIÓN 3	0	0	150,39	0	0	0
119	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-69	0	0	0

RESULTADOS SAP SEGUNDA MODELIZACIÓN

TABLE: Joint Displacements							
Joint	OutputCase	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	Text	mm	mm	mm	Radians	Radians	Radians
1	CONFIGURACIÓN 1	0	0	0,004702	0	0,000019	0
2	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,007075	0	0,000025	0
3	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,028077	0	0,000053	0
4	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,073291	0	0,000101	0
5	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,146909	0	0,000125	0
6	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,207749	0	5,306E-06	0
7	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,155245	0	-0,000096	0
8	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,111529	0	-0,000022	0
9	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,131567	0	0,000078	0
10	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,193564	0	0,000071	0
11	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,179884	0	-0,000104	0
12	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,100961	0	-0,00012	0
13	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,042515	0	-0,000071	0
14	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,01554	0	-0,000026	0
15	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,008797	0	-3,112E-06	0
16	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,010029	0	3,328E-06	0
17	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,011903	0	0,00000146	0
18	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,011573	0	-2,351E-06	0
19	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,009449	0	-2,718E-06	0
20	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,00942	0	7,299E-06	0
21	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,020203	0	0,000036	0
22	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,054774	0	0,000085	0
23	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,121318	0	0,000127	0
24	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,196448	0	0,000071	0
25	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,175277	0	-0,000102	0
26	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,108374	0	-0,000077	0
27	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,091018	0	0,000026	0
28	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,13439	0	0,000082	0
29	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,159363	0	-0,000055	0
30	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,094372	0	-0,00011	0
31	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,037886	0	-0,000071	0
32	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,009598	0	-0,00003	0
33	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,000488	0	-5,644E-06	0
34	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,002235	0	0,000013	0
35	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,017185	0	0,000044	0
36	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,056372	0	0,000091	0
37	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,123403	0	0,000112	0
38	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,171709	0	-0,00002	0
39	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,110972	0	-0,000114	0
40	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,048225	0	-0,000081	0
41	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,015681	0	-0,000033	0
42	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,006198	0	-5,761E-06	0

43	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,006835	0	3,631E-06	0
44	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,009609	0	4,167E-06	0
45	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,011569	0	2,213E-06	0
46	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,012253	0	1,491E-07	0
47	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,011752	0	-1,876E-06	0
48	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,010005	0	-3,868E-06	0
49	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,007316	0	-3,935E-06	0
50	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,00609	0	3,551E-06	0
51	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,013337	0	0,000028	0
52	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,041281	0	0,000072	0
53	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,098931	0	0,000111	0
54	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,163008	0	0,000046	0
55	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,127042	0	-0,000117	0
56	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,05181	0	-0,0001	0
57	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,011855	0	-0,00004	0
58	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,001492	0	-5,407E-06	0
59	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,002747	0	4,277E-06	0
60	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,005529	0	3,707E-06	0
61	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,007019	0	1,482E-06	0
62	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,007409	0	2,056E-07	0
63	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,007363	0	-1,609E-07	0
64	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,007257	0	-1,388E-07	0
65	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,007205	0	-3,669E-08	0
66	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,007212	0	5,878E-08	0
67	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,007272	0	1,238E-07	0
68	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,007345	0	4,02E-08	0
69	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,007272	0	-4,968E-07	0
70	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,006668	0	-1,792E-06	0
71	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,00511	0	-3,198E-06	0
72	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,003212	0	-1,032E-06	0
73	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,005165	0	0,000013	0
74	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,021302	0	0,000048	0
75	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,063256	0	0,000087	0
76	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,115023	0	0,00003	0
77	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,080584	0	-0,000087	0
78	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,031153	0	-0,000062	0
79	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,007956	0	-0,000022	0
80	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,003049	0	-0,00000154	0
81	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,00447	0	3,214E-06	0
82	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,006301	0	2,299E-06	0
83	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,007167	0	8,107E-07	0
84	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,007352	0	5,933E-08	0
85	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,007299	0	-1,232E-07	0
86	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,007228	0	-8,999E-08	0
87	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,007195	0	-1,896E-08	0
88	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,007206	0	5,801E-08	0

89	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,007265	0	1,401E-07	0
90	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,007364	0	1,279E-07	0
91	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,007374	0	-2,998E-07	0
92	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,006909	0	-1,618E-06	0
93	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,005355	0	-3,661E-06	0
94	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,002758	0	-3,431E-06	0
95	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,002176	0	0,00000558	0
96	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,011367	0	0,000033	0
97	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,042008	0	0,000067	0
98	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,082108	0	9,758E-06	0
99	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,046571	0	-0,000069	0
100	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,013476	0	-0,000036	0
101	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,002491	0	-7,795E-06	0
102	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,002081	0	1,727E-06	0
103	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,003586	0	2,093E-06	0
104	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,004414	0	7,923E-07	0
105	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,004599	0	7,487E-08	0
106	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,004563	0	-8,809E-08	0
107	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,004514	0	-5,988E-08	0
108	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,004493	0	-1,215E-08	0
109	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,004499	0	4,024E-08	0
110	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,004544	0	1,141E-07	0
111	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,004628	0	1,125E-07	0
112	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,004629	0	-3,51E-07	0
113	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,004096	0	-1,855E-06	0
114	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,002358	0	-3,783E-06	0
120	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,211262	0	-4,808E-06	0
121	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,210736	0	2,799E-06	0
122	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,169234	0	-7,649E-06	0
123	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,17418	0	-2,034E-06	0
124	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,171506	0	-5,477E-06	0
125	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,120002	0	0,00000339	0
126	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,083531	0	1,897E-06	0
127	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,026876	0	0,000054	0
128	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,007105	0	1,105E-06	0
129	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,02311	0	-0,00005	0
130	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,082582	0	0,000104	0
131	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,007287	0	-4,647E-07	0
132	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,044838	0	-0,000078	0
133	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,129237	0	0,000074	0
134	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,1577	0	0,000097	0
135	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,149624	0	0,000126	0
136	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,121003	0	0,000079	0
137	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,007741	0	-0,000012	0
138	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,012296	0	9,423E-08	0
139	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,007372	0	-2,794E-08	0

140	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,0208	0	-0,000046	0
141	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,007137	0	0,00000096	0
142	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,029644	0	0,000056	0
143	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,002231	0	-6,337E-06	0

TABLE: Joint Reactions							
Joint	OutputCase	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	N	N	N	N-mm	N-mm	N-mm
1	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-105,81	0	0	0
2	CONFIGURACIÓN 1	0	0	159,18	0	0	0
3	CONFIGURACIÓN 1	0	0	631,74	0	0	0
4	CONFIGURACIÓN 1	0	0	1649,06	0	0	0
5	CONFIGURACIÓN 1	0	0	3305,45	0	0	0
6	CONFIGURACIÓN 1	0	0	4674,35	0	0	0
7	CONFIGURACIÓN 1	0	0	3493,02	0	0	0
8	CONFIGURACIÓN 1	0	0	2509,41	0	0	0
9	CONFIGURACIÓN 1	0	0	2960,26	0	0	0
10	CONFIGURACIÓN 1	0	0	4355,2	0	0	0
11	CONFIGURACIÓN 1	0	0	4047,4	0	0	0
12	CONFIGURACIÓN 1	0	0	2271,63	0	0	0
13	CONFIGURACIÓN 1	0	0	956,58	0	0	0
14	CONFIGURACIÓN 1	0	0	349,65	0	0	0
15	CONFIGURACIÓN 1	0	0	197,93	0	0	0
16	CONFIGURACIÓN 1	0	0	225,64	0	0	0
17	CONFIGURACIÓN 1	0	0	267,81	0	0	0
18	CONFIGURACIÓN 1	0	0	260,39	0	0	0
19	CONFIGURACIÓN 1	0	0	212,6	0	0	0
20	CONFIGURACIÓN 1	0	0	211,95	0	0	0
21	CONFIGURACIÓN 1	0	0	454,57	0	0	0
22	CONFIGURACIÓN 1	0	0	1232,43	0	0	0
23	CONFIGURACIÓN 1	0	0	2729,65	0	0	0
24	CONFIGURACIÓN 1	0	0	4420,09	0	0	0
25	CONFIGURACIÓN 1	0	0	3943,74	0	0	0
26	CONFIGURACIÓN 1	0	0	2438,41	0	0	0
27	CONFIGURACIÓN 1	0	0	2730,53	0	0	0
28	CONFIGURACIÓN 1	0	0	4031,69	0	0	0
29	CONFIGURACIÓN 1	0	0	4780,88	0	0	0
30	CONFIGURACIÓN 1	0	0	2831,17	0	0	0
31	CONFIGURACIÓN 1	0	0	1136,58	0	0	0
32	CONFIGURACIÓN 1	0	0	287,95	0	0	0
33	CONFIGURACIÓN 1	0	0	14,63	0	0	0
34	CONFIGURACIÓN 1	0	0	67,04	0	0	0
35	CONFIGURACIÓN 1	0	0	515,56	0	0	0
36	CONFIGURACIÓN 1	0	0	1691,16	0	0	0
37	CONFIGURACIÓN 1	0	0	3702,08	0	0	0

38	CONFIGURACIÓN 1	0	0	5151,27	0	0	0
39	CONFIGURACIÓN 1	0	0	3329,15	0	0	0
40	CONFIGURACIÓN 1	0	0	1446,76	0	0	0
41	CONFIGURACIÓN 1	0	0	470,43	0	0	0
42	CONFIGURACIÓN 1	0	0	185,93	0	0	0
43	CONFIGURACIÓN 1	0	0	205,04	0	0	0
44	CONFIGURACIÓN 1	0	0	288,27	0	0	0
45	CONFIGURACIÓN 1	0	0	347,07	0	0	0
46	CONFIGURACIÓN 1	0	0	367,6	0	0	0
47	CONFIGURACIÓN 1	0	0	352,56	0	0	0
48	CONFIGURACIÓN 1	0	0	300,16	0	0	0
49	CONFIGURACIÓN 1	0	0	219,49	0	0	0
50	CONFIGURACIÓN 1	0	0	182,71	0	0	0
51	CONFIGURACIÓN 1	0	0	400,12	0	0	0
52	CONFIGURACIÓN 1	0	0	1238,44	0	0	0
53	CONFIGURACIÓN 1	0	0	2967,93	0	0	0
54	CONFIGURACIÓN 1	0	0	4890,25	0	0	0
55	CONFIGURACIÓN 1	0	0	3811,26	0	0	0
56	CONFIGURACIÓN 1	0	0	2590,49	0	0	0
57	CONFIGURACIÓN 1	0	0	592,76	0	0	0
58	CONFIGURACIÓN 1	0	0	74,58	0	0	0
59	CONFIGURACIÓN 1	0	0	137,37	0	0	0
60	CONFIGURACIÓN 1	0	0	276,45	0	0	0
61	CONFIGURACIÓN 1	0	0	350,93	0	0	0
62	CONFIGURACIÓN 1	0	0	370,43	0	0	0
63	CONFIGURACIÓN 1	0	0	368,13	0	0	0
64	CONFIGURACIÓN 1	0	0	362,86	0	0	0
65	CONFIGURACIÓN 1	0	0	360,23	0	0	0
66	CONFIGURACIÓN 1	0	0	360,62	0	0	0
67	CONFIGURACIÓN 1	0	0	363,59	0	0	0
68	CONFIGURACIÓN 1	0	0	367,26	0	0	0
69	CONFIGURACIÓN 1	0	0	363,58	0	0	0
70	CONFIGURACIÓN 1	0	0	333,4	0	0	0
71	CONFIGURACIÓN 1	0	0	255,48	0	0	0
72	CONFIGURACIÓN 1	0	0	160,61	0	0	0
73	CONFIGURACIÓN 1	0	0	258,26	0	0	0
74	CONFIGURACIÓN 1	0	0	1065,08	0	0	0
75	CONFIGURACIÓN 1	0	0	3162,81	0	0	0
76	CONFIGURACIÓN 1	0	0	5751,14	0	0	0
77	CONFIGURACIÓN 1	0	0	4029,19	0	0	0
78	CONFIGURACIÓN 1	0	0	1557,66	0	0	0
79	CONFIGURACIÓN 1	0	0	397,81	0	0	0
80	CONFIGURACIÓN 1	0	0	152,47	0	0	0
81	CONFIGURACIÓN 1	0	0	223,48	0	0	0
82	CONFIGURACIÓN 1	0	0	315,04	0	0	0
83	CONFIGURACIÓN 1	0	0	358,35	0	0	0

84	CONFIGURACIÓN 1	0	0	367,62	0	0	0
85	CONFIGURACIÓN 1	0	0	364,95	0	0	0
86	CONFIGURACIÓN 1	0	0	361,38	0	0	0
87	CONFIGURACIÓN 1	0	0	359,75	0	0	0
88	CONFIGURACIÓN 1	0	0	360,28	0	0	0
89	CONFIGURACIÓN 1	0	0	363,26	0	0	0
90	CONFIGURACIÓN 1	0	0	368,18	0	0	0
91	CONFIGURACIÓN 1	0	0	368,72	0	0	0
92	CONFIGURACIÓN 1	0	0	345,43	0	0	0
93	CONFIGURACIÓN 1	0	0	267,77	0	0	0
94	CONFIGURACIÓN 1	0	0	220,63	0	0	0
95	CONFIGURACIÓN 1	0	0	174,1	0	0	0
96	CONFIGURACIÓN 1	0	0	909,38	0	0	0
97	CONFIGURACIÓN 1	0	0	3360,65	0	0	0
98	CONFIGURACIÓN 1	0	0	6568,6	0	0	0
99	CONFIGURACIÓN 1	0	0	3725,66	0	0	0
100	CONFIGURACIÓN 1	0	0	1078,04	0	0	0
101	CONFIGURACIÓN 1	0	0	199,29	0	0	0
102	CONFIGURACIÓN 1	0	0	166,45	0	0	0
103	CONFIGURACIÓN 1	0	0	286,87	0	0	0
104	CONFIGURACIÓN 1	0	0	353,1	0	0	0
105	CONFIGURACIÓN 1	0	0	367,91	0	0	0
106	CONFIGURACIÓN 1	0	0	365,02	0	0	0
107	CONFIGURACIÓN 1	0	0	361,09	0	0	0
108	CONFIGURACIÓN 1	0	0	359,44	0	0	0
109	CONFIGURACIÓN 1	0	0	359,96	0	0	0
110	CONFIGURACIÓN 1	0	0	363,49	0	0	0
111	CONFIGURACIÓN 1	0	0	370,27	0	0	0
112	CONFIGURACIÓN 1	0	0	370,34	0	0	0
113	CONFIGURACIÓN 1	0	0	327,68	0	0	0
114	CONFIGURACIÓN 1	0	0	188,62	0	0	0

TABLE: Joint Displacements							
Joint	OutputCase	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	Text	mm	mm	mm	Radians	Radians	Radians
1	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,010309	0	3,368E-06	0
2	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,011668	0	2,232E-07	0
3	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,010557	0	-3,102E-06	0
4	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,008586	0	-4,304E-07	0
5	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,01155	0	0,000016	0
6	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,030533	0	0,000055	0
7	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,078917	0	0,000108	0
8	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,157072	0	0,000128	0
9	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,213945	0	-0,000013	0
10	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,148557	0	-0,000131	0
11	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,072349	0	-0,000103	0
12	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,027274	0	-0,000005	0
13	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,010443	0	-0,000014	0
14	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,00851	0	1,848E-06	0
15	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,011338	0	5,118E-06	0
16	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,01415	0	3,691E-06	0
17	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,015705	0	1,681E-06	0
18	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,01625	0	4,459E-07	0
19	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,016326	0	1,337E-08	0
20	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,016313	0	1,978E-08	0
21	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,016353	0	6,158E-08	0
22	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,016346	0	-2,822E-07	0
23	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,015926	0	-1,453E-06	0
24	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,014495	0	-3,623E-06	0
25	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,011578	0	-5,794E-06	0
26	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,007942	0	-0,00000422	0
27	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,007756	0	8,986E-06	0
28	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,020894	0	0,000042	0
29	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,0605	0	0,000092	0
30	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,128341	0	0,00011	0
31	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,169733	0	-0,000034	0
32	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,10617	0	-0,000114	0
33	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,045108	0	-0,000077	0
34	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,01449	0	-0,000031	0
35	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,006036	0	-4,717E-06	0
36	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,006954	0	3,737E-06	0
37	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,009636	0	3,905E-06	0
38	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,011422	0	2,032E-06	0
39	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,012121	0	5,976E-07	0
40	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,012227	0	-1,313E-08	0
41	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,012162	0	-9,338E-08	0
42	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,012136	0	2,904E-08	0
43	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,012192	0	1,026E-07	0

44	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,012225	0	-1,494E-07	0
45	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,01194	0	-1,078E-06	0
46	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,010844	0	-2,822E-06	0
47	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,008577	0	-4,356E-06	0
48	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,006051	0	-1,823E-06	0
49	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,007667	0	0,000013	0
50	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,023466	0	0,000048	0
51	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,066597	0	0,000098	0
52	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,136149	0	0,000106	0
53	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,166253	0	-0,000054	0
54	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,098718	0	-0,000115	0
55	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,039103	0	-0,000075	0
56	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,009858	0	-0,000028	0
57	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,002696	0	-3,345E-06	0
58	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,003884	0	3,432E-06	0
59	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,006027	0	0,00000284	0
60	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,007178	0	1,185E-06	0
61	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,007515	0	1,473E-07	0
62	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,007376	0	-6,84E-07	0
63	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,006642	0	-1,999E-06	0
64	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,004984	0	-0,00000326	0
65	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,003151	0	-5,733E-07	0
66	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,005657	0	0,000015	0
67	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,023187	0	0,000051	0
68	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,06677	0	0,000087	0
69	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,116585	0	0,000018	0
70	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,076551	0	-0,000088	0
71	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,028757	0	-0,000059	0
72	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,006783	0	-0,000021	0
73	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,00121	0	-3,902E-06	0
74	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,00086	0	0,00000171	0
75	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,003871	0	0,000013	0
76	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,018559	0	0,000044	0
77	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,057099	0	0,000082	0
78	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,108945	0	0,000043	0
79	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,082745	0	-0,000082	0
80	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,038324	0	-0,000039	0
81	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,040593	0	0,000045	0
82	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,087627	0	0,00008	0
83	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,105858	0	-0,000054	0
84	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,05291	0	-0,00008	0
85	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,016623	0	-0,00004	0
86	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,004249	0	-0,00000916	0
87	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,003568	0	2,008E-06	0
88	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,005582	0	3,109E-06	0
89	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,007011	0	1,518E-06	0

90	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,007387	0	-2,288E-07	0
91	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,00672	0	-2,129E-06	0
92	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,00486	0	-3,773E-06	0
93	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,002643	0	-1,199E-06	0
94	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,004907	0	0,000015	0
95	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,023051	0	0,000051	0
96	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,063809	0	0,000064	0
97	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,069552	0	-0,000058	0
98	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,026299	0	-0,000051	0
99	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,014039	0	0,000013	0
100	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,04118	0	0,000066	0
101	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,080948	0	2,506E-06	0
102	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,043657	0	-0,000066	0
103	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,012442	0	-0,000034	0
104	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,002422	0	-6,899E-06	0
105	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,002206	0	1,788E-06	0
106	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,00366	0	1,981E-06	0
107	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,004429	0	7,227E-07	0
108	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,004591	0	6,217E-08	0
109	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,004562	0	-4,414E-08	0
110	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,00456	0	5,965E-08	0
111	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,004627	0	9,797E-08	0
112	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,004626	0	-3,499E-07	0
113	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,004094	0	-1,852E-06	0
114	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,002358	0	-0,00000378	0
120	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,115063	0	-0,000127	0
121	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,013801	0	-4,328E-06	0
122	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,047857	0	0,000079	0
123	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,011355	0	2,083E-06	0
124	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,081778	0	-0,000107	0
125	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,022895	0	0,00005	0
126	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,024803	0	-0,000048	0
127	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,086695	0	-4,199E-06	0
128	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,118512	0	-5,235E-07	0
129	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,11773	0	1,096E-06	0
130	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,176044	0	-3,369E-06	0
131	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,119071	0	0,00000249	0
132	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,174777	0	-2,761E-06	0
133	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,215305	0	-1,218E-06	0
134	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,195881	0	-0,00009	0
135	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,01572	0	-1,946E-06	0
136	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,015719	0	0,000032	0
137	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,012266	0	-1,44E-07	0
138	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,010733	0	-2,887E-06	0
139	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,004183	0	-2,931E-06	0
140	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,116202	0	-0,000016	0

141	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,11643	0	-0,000018	0
142	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,084502	0	-0,000021	0
143	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,080051	0	-0,00001	0

TABLE: Joint Reactions							
Joint	OutputCase	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	N	N	N	N-mm	N-mm	N-mm
1	CONFIGURACIÓN 2	0	0	231,95	0	0	0
2	CONFIGURACIÓN 2	0	0	262,53	0	0	0
3	CONFIGURACIÓN 2	0	0	237,54	0	0	0
4	CONFIGURACIÓN 2	0	0	193,19	0	0	0
5	CONFIGURACIÓN 2	0	0	259,86	0	0	0
6	CONFIGURACIÓN 2	0	0	687	0	0	0
7	CONFIGURACIÓN 2	0	0	1775,63	0	0	0
8	CONFIGURACIÓN 2	0	0	3534,12	0	0	0
9	CONFIGURACIÓN 2	0	0	4813,77	0	0	0
10	CONFIGURACIÓN 2	0	0	3342,52	0	0	0
11	CONFIGURACIÓN 2	0	0	1627,85	0	0	0
12	CONFIGURACIÓN 2	0	0	613,66	0	0	0
13	CONFIGURACIÓN 2	0	0	234,96	0	0	0
14	CONFIGURACIÓN 2	0	0	191,47	0	0	0
15	CONFIGURACIÓN 2	0	0	255,11	0	0	0
16	CONFIGURACIÓN 2	0	0	318,37	0	0	0
17	CONFIGURACIÓN 2	0	0	353,36	0	0	0
18	CONFIGURACIÓN 2	0	0	365,63	0	0	0
19	CONFIGURACIÓN 2	0	0	367,32	0	0	0
20	CONFIGURACIÓN 2	0	0	367,04	0	0	0
21	CONFIGURACIÓN 2	0	0	367,94	0	0	0
22	CONFIGURACIÓN 2	0	0	367,78	0	0	0
23	CONFIGURACIÓN 2	0	0	358,34	0	0	0
24	CONFIGURACIÓN 2	0	0	326,14	0	0	0
25	CONFIGURACIÓN 2	0	0	260,51	0	0	0
26	CONFIGURACIÓN 2	0	0	178,7	0	0	0
27	CONFIGURACIÓN 2	0	0	232,69	0	0	0
28	CONFIGURACIÓN 2	0	0	626,83	0	0	0
29	CONFIGURACIÓN 2	0	0	1815,01	0	0	0
30	CONFIGURACIÓN 2	0	0	3850,23	0	0	0
31	CONFIGURACIÓN 2	0	0	5092	0	0	0
32	CONFIGURACIÓN 2	0	0	3185,1	0	0	0
33	CONFIGURACIÓN 2	0	0	1353,24	0	0	0
34	CONFIGURACIÓN 2	0	0	434,7	0	0	0
35	CONFIGURACIÓN 2	0	0	181,09	0	0	0
36	CONFIGURACIÓN 2	0	0	208,61	0	0	0
37	CONFIGURACIÓN 2	0	0	289,08	0	0	0
38	CONFIGURACIÓN 2	0	0	342,65	0	0	0

39	CONFIGURACIÓN 2	0	0	363,64	0	0	0
40	CONFIGURACIÓN 2	0	0	366,81	0	0	0
41	CONFIGURACIÓN 2	0	0	364,86	0	0	0
42	CONFIGURACIÓN 2	0	0	364,09	0	0	0
43	CONFIGURACIÓN 2	0	0	365,75	0	0	0
44	CONFIGURACIÓN 2	0	0	366,74	0	0	0
45	CONFIGURACIÓN 2	0	0	358,21	0	0	0
46	CONFIGURACIÓN 2	0	0	325,33	0	0	0
47	CONFIGURACIÓN 2	0	0	257,3	0	0	0
48	CONFIGURACIÓN 2	0	0	181,53	0	0	0
49	CONFIGURACIÓN 2	0	0	230,01	0	0	0
50	CONFIGURACIÓN 2	0	0	703,99	0	0	0
51	CONFIGURACIÓN 2	0	0	1997,9	0	0	0
52	CONFIGURACIÓN 2	0	0	4084,48	0	0	0
53	CONFIGURACIÓN 2	0	0	4987,6	0	0	0
54	CONFIGURACIÓN 2	0	0	2961,53	0	0	0
55	CONFIGURACIÓN 2	0	0	1173,09	0	0	0
56	CONFIGURACIÓN 2	0	0	492,9	0	0	0
57	CONFIGURACIÓN 2	0	0	134,79	0	0	0
58	CONFIGURACIÓN 2	0	0	194,18	0	0	0
59	CONFIGURACIÓN 2	0	0	301,34	0	0	0
60	CONFIGURACIÓN 2	0	0	358,88	0	0	0
61	CONFIGURACIÓN 2	0	0	375,73	0	0	0
62	CONFIGURACIÓN 2	0	0	368,82	0	0	0
63	CONFIGURACIÓN 2	0	0	332,11	0	0	0
64	CONFIGURACIÓN 2	0	0	249,18	0	0	0
65	CONFIGURACIÓN 2	0	0	157,57	0	0	0
66	CONFIGURACIÓN 2	0	0	282,87	0	0	0
67	CONFIGURACIÓN 2	0	0	1159,34	0	0	0
68	CONFIGURACIÓN 2	0	0	3338,52	0	0	0
69	CONFIGURACIÓN 2	0	0	5829,24	0	0	0
70	CONFIGURACIÓN 2	0	0	3827,57	0	0	0
71	CONFIGURACIÓN 2	0	0	1437,83	0	0	0
72	CONFIGURACIÓN 2	0	0	339,13	0	0	0
73	CONFIGURACIÓN 2	0	0	60,48	0	0	0
74	CONFIGURACIÓN 2	0	0	43,02	0	0	0
75	CONFIGURACIÓN 2	0	0	193,55	0	0	0
76	CONFIGURACIÓN 2	0	0	927,93	0	0	0
77	CONFIGURACIÓN 2	0	0	2854,96	0	0	0
78	CONFIGURACIÓN 2	0	0	5447,26	0	0	0
79	CONFIGURACIÓN 2	0	0	4137,23	0	0	0
80	CONFIGURACIÓN 2	0	0	1916,2	0	0	0
81	CONFIGURACIÓN 2	0	0	2029,65	0	0	0
82	CONFIGURACIÓN 2	0	0	4381,35	0	0	0
83	CONFIGURACIÓN 2	0	0	5292,89	0	0	0
84	CONFIGURACIÓN 2	0	0	2645,5	0	0	0

85	CONFIGURACIÓN 2	0	0	831,15	0	0	0
86	CONFIGURACIÓN 2	0	0	212,43	0	0	0
87	CONFIGURACIÓN 2	0	0	178,39	0	0	0
88	CONFIGURACIÓN 2	0	0	279,12	0	0	0
89	CONFIGURACIÓN 2	0	0	350,56	0	0	0
90	CONFIGURACIÓN 2	0	0	369,37	0	0	0
91	CONFIGURACIÓN 2	0	0	336,01	0	0	0
92	CONFIGURACIÓN 2	0	0	242,98	0	0	0
93	CONFIGURACIÓN 2	0	0	132,16	0	0	0
94	CONFIGURACIÓN 2	0	0	392,52	0	0	0
95	CONFIGURACIÓN 2	0	0	1844,1	0	0	0
96	CONFIGURACIÓN 2	0	0	5104,68	0	0	0
97	CONFIGURACIÓN 2	0	0	5564,12	0	0	0
98	CONFIGURACIÓN 2	0	0	2103,88	0	0	0
99	CONFIGURACIÓN 2	0	0	1123,11	0	0	0
100	CONFIGURACIÓN 2	0	0	3294,42	0	0	0
101	CONFIGURACIÓN 2	0	0	6475,82	0	0	0
102	CONFIGURACIÓN 2	0	0	3492,56	0	0	0
103	CONFIGURACIÓN 2	0	0	995,39	0	0	0
104	CONFIGURACIÓN 2	0	0	193,73	0	0	0
105	CONFIGURACIÓN 2	0	0	176,52	0	0	0
106	CONFIGURACIÓN 2	0	0	292,77	0	0	0
107	CONFIGURACIÓN 2	0	0	354,28	0	0	0
108	CONFIGURACIÓN 2	0	0	367,26	0	0	0
109	CONFIGURACIÓN 2	0	0	364,99	0	0	0
110	CONFIGURACIÓN 2	0	0	364,82	0	0	0
111	CONFIGURACIÓN 2	0	0	370,16	0	0	0
112	CONFIGURACIÓN 2	0	0	370,07	0	0	0
113	CONFIGURACIÓN 2	0	0	327,56	0	0	0
114	CONFIGURACIÓN 2	0	0	188,64	0	0	0

TABLE: Joint Displacements							
Joint	OutputCase	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	Text	mm	mm	mm	Radians	Radians	Radians
1	CONFIGURACIÓN 3	0	0	0,013867	0	0,000059	0
2	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,022699	0	0,000071	0
3	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,074387	0	0,000107	0
4	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,149211	0	0,000125	0
5	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,209342	0	3,807E-06	0
6	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,155942	0	-0,000097	0
7	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,111681	0	-0,000023	0
8	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,131508	0	0,000078	0
9	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,193477	0	0,000071	0
10	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,179828	0	-0,000104	0
11	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,100938	0	-0,00012	0
12	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,04251	0	-0,000071	0
13	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,015543	0	-0,000026	0
14	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,008804	0	-3,106E-06	0
15	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,010039	0	3,335E-06	0
16	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,011917	0	1,462E-06	0
17	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,011584	0	-2,376E-06	0
18	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,00943	0	-2,809E-06	0
19	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,009318	0	7,107E-06	0
20	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,019958	0	0,000036	0
21	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,054401	0	0,000085	0
22	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,121087	0	0,000128	0
23	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,197157	0	0,000073	0
24	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,178364	0	-0,000096	0
25	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,11529	0	-0,000071	0
26	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,100785	0	0,000025	0
27	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,140469	0	0,000075	0
28	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,161465	0	-0,00006	0
29	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,094608	0	-0,000111	0
30	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,038443	0	-0,000069	0
31	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,012312	0	-0,000025	0
32	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,00611	0	-2,453E-06	0
33	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,007624	0	3,845E-06	0
34	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,009904	0	2,472E-06	0
35	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,010354	0	-1,118E-06	0
36	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,008663	0	-3,772E-06	0
37	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,006377	0	-0,00000129	0
38	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,00847	0	0,000014	0
39	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,025209	0	0,000049	0
40	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,069112	0	0,000097	0
41	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,136895	0	0,000098	0
42	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,156721	0	-0,000061	0
43	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,097198	0	-0,000079	0

44	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,07354	0	0,000012	0
45	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,110531	0	0,00009	0
46	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,165257	0	0,000018	0
47	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,118652	0	-0,000108	0
48	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,054836	0	-0,000085	0
49	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,018841	0	-0,000038	0
50	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,007084	0	-8,298E-06	0
51	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,00688	0	0,00000291	0
52	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,009475	0	3,814E-06	0
53	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,011044	0	8,578E-07	0
54	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,010406	0	-3,027E-06	0
55	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,007543	0	-5,691E-06	0
56	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,004252	0	-2,034E-06	0
57	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,00662	0	0,000016	0
58	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,025309	0	0,000053	0
59	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,069507	0	0,000084	0
60	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,114051	0	-2,306E-06	0
61	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,067752	0	-0,00008	0
62	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,033435	0	-0,000017	0
63	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,049106	0	0,000063	0
64	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,101055	0	0,000066	0
65	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,094144	0	-0,000076	0
66	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,041508	0	-0,000072	0
67	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,011787	0	-0,00003	0
68	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,003452	0	-4,893E-06	0
69	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,004036	0	2,868E-06	0
70	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,006051	0	2,741E-06	0
71	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,00713	0	7,845E-07	0
72	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,00698	0	-0,00000129	0
73	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,005613	0	-3,075E-06	0
74	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,003593	0	-0,00000203	0
75	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,004258	0	9,139E-06	0
76	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,016624	0	0,00004	0
77	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,052909	0	0,00008	0
78	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,105858	0	0,000054	0
79	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,08763	0	-0,00008	0
80	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,040599	0	-0,000045	0
81	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,038324	0	0,000039	0
82	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,082714	0	0,000082	0
83	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,108849	0	-0,000043	0
84	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,056944	0	-0,000082	0
85	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,018558	0	-0,000043	0
86	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,004674	0	-0,000011	0
87	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,003457	0	1,592E-06	0
88	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,005426	0	3,175E-06	0
89	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,006936	0	1,661E-06	0

90	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,007394	0	-8,718E-08	0
91	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,006817	0	-1,971E-06	0
92	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,005043	0	-3,726E-06	0
93	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,002741	0	-1,782E-06	0
94	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,004292	0	0,000013	0
95	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,02063	0	0,000048	0
96	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,059946	0	0,000066	0
97	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,072773	0	-0,000051	0
98	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,02891	0	-0,000055	0
99	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,013467	0	8,108E-06	0
100	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,037859	0	0,000064	0
101	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,079755	0	0,000018	0
102	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,047745	0	-0,000067	0
103	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,014267	0	-0,000037	0
104	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,002709	0	-8,479E-06	0
105	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,002068	0	1,537E-06	0
106	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,003544	0	0,0000021	0
107	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,004392	0	8,224E-07	0
108	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,00459	0	9,411E-08	0
109	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,004568	0	-4,348E-08	0
110	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,004563	0	5,5E-08	0
111	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,004628	0	9,551E-08	0
112	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,004626	0	-3,504E-07	0
113	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,004094	0	-1,852E-06	0
114	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,002358	0	-0,00000378	0
120	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,148502	0	-0,000125	0
121	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,156263	0	-0,000103	0
122	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,11355	0	-0,000113	0
123	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,007931	0	0,000012	0
124	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,009958	0	-3,775E-06	0
125	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,020564	0	0,000046	0
126	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,027283	0	-0,000053	0
127	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,08477	0	0,000011	0
128	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,11613	0	0,000016	0
129	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,116431	0	0,000018	0
130	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,010933	0	1,601E-06	0
131	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,004234	0	3,097E-06	0
132	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,014723	0	-0,00003	0
133	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,190886	0	0,000075	0
134	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,211184	0	-4,763E-06	0
135	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,212064	0	6,341E-06	0
136	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,172196	0	-0,000014	0
137	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,170444	0	-1,186E-06	0
138	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,167681	0	7,803E-07	0
139	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,119126	0	3,836E-06	0
140	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,118513	0	5,281E-07	0

141	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,117652	0	-1,213E-06	0
142	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,086061	0	-5,761E-06	0
143	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,082394	0	5,258E-06	0

TABLE: Joint Reactions							
Joint	OutputCase	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	N	N	N	N-mm	N-mm	N-mm
1	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-312,01	0	0	0
2	CONFIGURACIÓN 3	0	0	510,72	0	0	0
3	CONFIGURACIÓN 3	0	0	1673,7	0	0	0
4	CONFIGURACIÓN 3	0	0	3357,25	0	0	0
5	CONFIGURACIÓN 3	0	0	4710,19	0	0	0
6	CONFIGURACIÓN 3	0	0	3508,7	0	0	0
7	CONFIGURACIÓN 3	0	0	2512,82	0	0	0
8	CONFIGURACIÓN 3	0	0	2958,94	0	0	0
9	CONFIGURACIÓN 3	0	0	4353,22	0	0	0
10	CONFIGURACIÓN 3	0	0	4046,13	0	0	0
11	CONFIGURACIÓN 3	0	0	2271,1	0	0	0
12	CONFIGURACIÓN 3	0	0	956,48	0	0	0
13	CONFIGURACIÓN 3	0	0	349,72	0	0	0
14	CONFIGURACIÓN 3	0	0	198,08	0	0	0
15	CONFIGURACIÓN 3	0	0	225,88	0	0	0
16	CONFIGURACIÓN 3	0	0	268,14	0	0	0
17	CONFIGURACIÓN 3	0	0	260,64	0	0	0
18	CONFIGURACIÓN 3	0	0	212,17	0	0	0
19	CONFIGURACIÓN 3	0	0	209,66	0	0	0
20	CONFIGURACIÓN 3	0	0	449,06	0	0	0
21	CONFIGURACIÓN 3	0	0	1224,02	0	0	0
22	CONFIGURACIÓN 3	0	0	2724,46	0	0	0
23	CONFIGURACIÓN 3	0	0	4436,02	0	0	0
24	CONFIGURACIÓN 3	0	0	4013,2	0	0	0
25	CONFIGURACIÓN 3	0	0	2594,03	0	0	0
26	CONFIGURACIÓN 3	0	0	2267,66	0	0	0
27	CONFIGURACIÓN 3	0	0	4214,07	0	0	0
28	CONFIGURACIÓN 3	0	0	4843,96	0	0	0
29	CONFIGURACIÓN 3	0	0	2838,23	0	0	0
30	CONFIGURACIÓN 3	0	0	1153,28	0	0	0
31	CONFIGURACIÓN 3	0	0	369,35	0	0	0
32	CONFIGURACIÓN 3	0	0	183,29	0	0	0
33	CONFIGURACIÓN 3	0	0	228,73	0	0	0
34	CONFIGURACIÓN 3	0	0	297,13	0	0	0
35	CONFIGURACIÓN 3	0	0	310,63	0	0	0
36	CONFIGURACIÓN 3	0	0	259,89	0	0	0
37	CONFIGURACIÓN 3	0	0	191,3	0	0	0
38	CONFIGURACIÓN 3	0	0	254,1	0	0	0

39	CONFIGURACIÓN 3	0	0	756,27	0	0	0
40	CONFIGURACIÓN 3	0	0	2073,37	0	0	0
41	CONFIGURACIÓN 3	0	0	4106,85	0	0	0
42	CONFIGURACIÓN 3	0	0	4701,64	0	0	0
43	CONFIGURACIÓN 3	0	0	2915,94	0	0	0
44	CONFIGURACIÓN 3	0	0	2206,21	0	0	0
45	CONFIGURACIÓN 3	0	0	3315,92	0	0	0
46	CONFIGURACIÓN 3	0	0	4957,7	0	0	0
47	CONFIGURACIÓN 3	0	0	3559,57	0	0	0
48	CONFIGURACIÓN 3	0	0	1645,07	0	0	0
49	CONFIGURACIÓN 3	0	0	565,23	0	0	0
50	CONFIGURACIÓN 3	0	0	212,51	0	0	0
51	CONFIGURACIÓN 3	0	0	206,39	0	0	0
52	CONFIGURACIÓN 3	0	0	284,26	0	0	0
53	CONFIGURACIÓN 3	0	0	331,33	0	0	0
54	CONFIGURACIÓN 3	0	0	312,17	0	0	0
55	CONFIGURACIÓN 3	0	0	226,28	0	0	0
56	CONFIGURACIÓN 3	0	0	212,58	0	0	0
57	CONFIGURACIÓN 3	0	0	331,02	0	0	0
58	CONFIGURACIÓN 3	0	0	1265,47	0	0	0
59	CONFIGURACIÓN 3	0	0	3475,34	0	0	0
60	CONFIGURACIÓN 3	0	0	5702,57	0	0	0
61	CONFIGURACIÓN 3	0	0	3387,62	0	0	0
62	CONFIGURACIÓN 3	0	0	1671,73	0	0	0
63	CONFIGURACIÓN 3	0	0	2455,28	0	0	0
64	CONFIGURACIÓN 3	0	0	5052,77	0	0	0
65	CONFIGURACIÓN 3	0	0	4707,18	0	0	0
66	CONFIGURACIÓN 3	0	0	2075,41	0	0	0
67	CONFIGURACIÓN 3	0	0	589,34	0	0	0
68	CONFIGURACIÓN 3	0	0	172,58	0	0	0
69	CONFIGURACIÓN 3	0	0	201,78	0	0	0
70	CONFIGURACIÓN 3	0	0	302,56	0	0	0
71	CONFIGURACIÓN 3	0	0	356,49	0	0	0
72	CONFIGURACIÓN 3	0	0	349	0	0	0
73	CONFIGURACIÓN 3	0	0	280,63	0	0	0
74	CONFIGURACIÓN 3	0	0	179,63	0	0	0
75	CONFIGURACIÓN 3	0	0	212,9	0	0	0
76	CONFIGURACIÓN 3	0	0	831,2	0	0	0
77	CONFIGURACIÓN 3	0	0	2645,44	0	0	0
78	CONFIGURACIÓN 3	0	0	5292,9	0	0	0
79	CONFIGURACIÓN 3	0	0	4381,52	0	0	0
80	CONFIGURACIÓN 3	0	0	2029,94	0	0	0
81	CONFIGURACIÓN 3	0	0	1916,19	0	0	0
82	CONFIGURACIÓN 3	0	0	4135,72	0	0	0
83	CONFIGURACIÓN 3	0	0	5442,43	0	0	0
84	CONFIGURACIÓN 3	0	0	2847,19	0	0	0

85	CONFIGURACIÓN 3	0	0	927,89	0	0	0
86	CONFIGURACIÓN 3	0	0	233,7	0	0	0
87	CONFIGURACIÓN 3	0	0	172,83	0	0	0
88	CONFIGURACIÓN 3	0	0	271,32	0	0	0
89	CONFIGURACIÓN 3	0	0	346,78	0	0	0
90	CONFIGURACIÓN 3	0	0	369,72	0	0	0
91	CONFIGURACIÓN 3	0	0	340,83	0	0	0
92	CONFIGURACIÓN 3	0	0	252,15	0	0	0
93	CONFIGURACIÓN 3	0	0	137,04	0	0	0
94	CONFIGURACIÓN 3	0	0	343,36	0	0	0
95	CONFIGURACIÓN 3	0	0	1650,38	0	0	0
96	CONFIGURACIÓN 3	0	0	4795,66	0	0	0
97	CONFIGURACIÓN 3	0	0	5821,86	0	0	0
98	CONFIGURACIÓN 3	0	0	2312,81	0	0	0
99	CONFIGURACIÓN 3	0	0	1077,38	0	0	0
100	CONFIGURACIÓN 3	0	0	3028,73	0	0	0
101	CONFIGURACIÓN 3	0	0	6380,39	0	0	0
102	CONFIGURACIÓN 3	0	0	3819,61	0	0	0
103	CONFIGURACIÓN 3	0	0	1141,33	0	0	0
104	CONFIGURACIÓN 3	0	0	216,76	0	0	0
105	CONFIGURACIÓN 3	0	0	165,44	0	0	0
106	CONFIGURACIÓN 3	0	0	283,56	0	0	0
107	CONFIGURACIÓN 3	0	0	351,34	0	0	0
108	CONFIGURACIÓN 3	0	0	367,2	0	0	0
109	CONFIGURACIÓN 3	0	0	365,42	0	0	0
110	CONFIGURACIÓN 3	0	0	365,05	0	0	0
111	CONFIGURACIÓN 3	0	0	370,2	0	0	0
112	CONFIGURACIÓN 3	0	0	370,06	0	0	0
113	CONFIGURACIÓN 3	0	0	327,55	0	0	0
114	CONFIGURACIÓN 3	0	0	188,63	0	0	0

RESULTADOS SAP TERCERA MODELIZACIÓN

TABLE: Joint Displacements							
Joint	OutputCase	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	Text	mm	mm	mm	Radians	Radians	Radians
1	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,262124	0	0,00035	0
2	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,430595	0	0,000192	0
3	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,49618	0	0,000065	0
4	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,520651	0	0,000046	0
5	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,555893	0	0,000067	0
6	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,588496	0	-0,000033	0
7	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,513949	0	-0,000158	0
8	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,413705	0	-0,000146	0
9	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,364578	0	0,000077	0
10	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,487377	0	0,000193	0
11	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,54458	0	9,188E-07	0
12	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,519614	0	-0,000046	0
13	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,495979	0	-0,000028	0
14	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,486552	0	-7,862E-06	0
15	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,485322	0	4,723E-07	0
16	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,486367	0	1,772E-06	0
17	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,487199	0	7,437E-07	0
18	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,487195	0	-8,846E-07	0
19	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,486118	0	-2,701E-06	0
20	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,484162	0	-2,575E-06	0
21	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,483977	0	6,436E-06	0
22	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,493939	0	0,000035	0
23	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,527087	0	0,000077	0
24	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,579933	0	0,00006	0
25	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,568883	0	-0,000065	0
26	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,530616	0	-0,000045	0
27	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,514017	0	9,241E-06	0
28	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,54153	0	0,000062	0
29	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,561644	0	-0,000042	0
30	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,516035	0	-0,000068	0
31	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,486737	0	-0,00003	0
32	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,478034	0	-6,291E-06	0
33	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,47725	0	-2,507E-07	0
34	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,477223	0	1,015E-06	0
35	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,47955	0	0,000012	0
36	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,494327	0	0,000044	0
37	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,532775	0	0,000075	0
38	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,568386	0	-0,000016	0
39	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,524465	0	-0,000073	0
40	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,490169	0	-0,000037	0
41	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,478786	0	-8,143E-06	0
42	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,478333	0	1,856E-06	0

43	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,480002	0	2,391E-06	0
44	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,480998	0	1,016E-06	0
45	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,481282	0	2,077E-07	0
46	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,481312	0	6,784E-09	0
47	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,481295	0	-1,448E-07	0
48	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,481081	0	-8,306E-07	0
49	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,480226	0	-2,194E-06	0
50	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,478578	0	-2,344E-06	0
51	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,478255	0	5,382E-06	0
52	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,48699	0	0,000031	0
53	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,517286	0	0,00007	0
54	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,563918	0	0,000042	0
55	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,541043	0	-0,000075	0
56	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,49875	0	-0,000049	0
57	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,483876	0	-5,374E-06	0
58	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,49008	0	0,000018	0
59	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,500665	0	0,000013	0
60	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,505444	0	4,248E-06	0
61	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,506275	0	9,008E-08	0
62	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,505913	0	-6,936E-07	0
63	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,505556	0	-4,163E-07	0
64	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,505426	0	-2,186E-08	0
65	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,505541	0	4,735E-07	0
66	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,506006	0	1,083E-06	0
67	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,506736	0	7,144E-07	0
68	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,506399	0	-4,001E-06	0
69	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,501031	0	-0,000017	0
70	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,485602	0	-0,000032	0
71	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,467314	0	-0,00000232	0
72	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,482992	0	0,000029	0
73	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,498299	0	0,000024	0
74	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,513979	0	0,000039	0
75	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,547125	0	0,000072	0
76	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,591869	0	0,000027	0
77	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,560759	0	-0,000076	0
78	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,52038	0	-0,000048	0
79	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,504325	0	-0,000013	0
80	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,502339	0	7,727E-07	0
81	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,503958	0	2,653E-06	0
82	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,50518	0	1,323E-06	0
83	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,505577	0	2,775E-07	0
84	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,505588	0	-7,182E-08	0
85	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,505526	0	-8,803E-08	0
86	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,505489	0	-3,825E-08	0
87	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,505479	0	-1,83E-09	0
88	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,505487	0	3,203E-08	0

89	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,505519	0	7,883E-08	0
90	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,505576	0	7,823E-08	0
91	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,505583	0	-2,006E-07	0
92	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,505268	0	-1,111E-06	0
93	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,504207	0	-2,418E-06	0
94	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,502628	0	-0,00000127	0
95	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,503788	0	0,00001	0
96	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,516919	0	0,000041	0
97	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,552702	0	0,000072	0
98	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,591081	0	-8,535E-06	0
99	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,533877	0	-0,000123	0
100	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,461037	0	-0,000089	0
101	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,430251	0	-0,000026	0
102	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,42598	0	6,866E-07	0
103	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,428623	0	4,416E-06	0
104	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,430637	0	2,139E-06	0
105	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,431248	0	3,975E-07	0
106	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,431244	0	-1,314E-07	0
107	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,431147	0	-1,233E-07	0
108	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,431105	0	-3,029E-08	0
109	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,431105	0	5,89E-09	0
110	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,431101	0	-6,186E-08	0
111	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,431016	0	-2,716E-07	0
112	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,430777	0	-4,618E-07	0
113	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,430558	0	2,524E-07	0
114	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,43138	0	3,778E-06	0
115	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,435451	0	0,000011	0
116	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,44344	0	0,000011	0
117	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,443404	0	-0,000034	0
118	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,392229	0	-0,000178	0
119	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,226011	0	-0,000361	0
120	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,546678	0	0,000119	0
121	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,604099	0	0,00002	0
122	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,580266	0	-0,00002	0
123	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,574377	0	-0,000012	0
124	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,582504	0	0,000018	0
125	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,603173	0	0,000017	0
126	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,59415	0	-0,000011	0
127	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,549322	0	0,000055	0
128	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,517856	0	-0,000011	0
129	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,524433	0	-0,000022	0
130	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,517144	0	0,000046	0
131	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,503815	0	-8,464E-06	0
132	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,495894	0	-0,00005	0
133	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,3624	0	0,000054	0
134	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,417491	0	0,000183	0

135	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,555316	0	0,000094	0
136	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,541613	0	0,00004	0
137	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,489623	0	-0,000011	0
138	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,484842	0	9,727E-06	0
139	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,519184	0	6,658E-06	0
140	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,525002	0	-0,000022	0
141	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,515635	0	-0,000015	0
142	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,551132	0	0,000052	0
143	CONFIGURACIÓN 1	0	0	-0,432881	0	-0,000012	0

TABLE: Joint Reactions							
Joint	OutputCase	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	N	N	N	N-mm	N-mm	N-mm
1	CONFIGURACIÓN 1	0	0	14810	0	0	0
2	CONFIGURACIÓN 1	0	0	24328,62	0	0	0
3	CONFIGURACIÓN 1	0	0	28034,15	0	0	0
4	CONFIGURACIÓN 1	0	0	29416,78	0	0	0
5	CONFIGURACIÓN 1	0	0	31407,94	0	0	0
6	CONFIGURACIÓN 1	0	0	33250	0	0	0
7	CONFIGURACIÓN 1	0	0	29038,09	0	0	0
8	CONFIGURACIÓN 1	0	0	23374,34	0	0	0
9	CONFIGURACIÓN 1	0	0	20598,63	0	0	0
10	CONFIGURACIÓN 1	0	0	27536,78	0	0	0
11	CONFIGURACIÓN 1	0	0	30768,74	0	0	0
12	CONFIGURACIÓN 1	0	0	29358,22	0	0	0
13	CONFIGURACIÓN 1	0	0	28022,84	0	0	0
14	CONFIGURACIÓN 1	0	0	27490,18	0	0	0
15	CONFIGURACIÓN 1	0	0	27420,68	0	0	0
16	CONFIGURACIÓN 1	0	0	27479,74	0	0	0
17	CONFIGURACIÓN 1	0	0	27526,77	0	0	0
18	CONFIGURACIÓN 1	0	0	27526,54	0	0	0
19	CONFIGURACIÓN 1	0	0	27465,66	0	0	0
20	CONFIGURACIÓN 1	0	0	27355,16	0	0	0
21	CONFIGURACIÓN 1	0	0	27344,7	0	0	0
22	CONFIGURACIÓN 1	0	0	27907,57	0	0	0
23	CONFIGURACIÓN 1	0	0	29780,4	0	0	0
24	CONFIGURACIÓN 1	0	0	32766,23	0	0	0
25	CONFIGURACIÓN 1	0	0	32141,88	0	0	0
26	CONFIGURACIÓN 1	0	0	29979,82	0	0	0
27	CONFIGURACIÓN 1	0	0	34850,33	0	0	0
28	CONFIGURACIÓN 1	0	0	36715,72	0	0	0
29	CONFIGURACIÓN 1	0	0	38079,48	0	0	0
30	CONFIGURACIÓN 1	0	0	34987,18	0	0	0
31	CONFIGURACIÓN 1	0	0	33000,78	0	0	0
32	CONFIGURACIÓN 1	0	0	32410,69	0	0	0

33	CONFIGURACIÓN 1	0	0	32357,54	0	0	0
34	CONFIGURACIÓN 1	0	0	32355,7	0	0	0
35	CONFIGURACIÓN 1	0	0	32513,49	0	0	0
36	CONFIGURACIÓN 1	0	0	33515,4	0	0	0
37	CONFIGURACIÓN 1	0	0	36122,14	0	0	0
38	CONFIGURACIÓN 1	0	0	38536,57	0	0	0
39	CONFIGURACIÓN 1	0	0	35558,71	0	0	0
40	CONFIGURACIÓN 1	0	0	33233,45	0	0	0
41	CONFIGURACIÓN 1	0	0	32461,72	0	0	0
42	CONFIGURACIÓN 1	0	0	32430,96	0	0	0
43	CONFIGURACIÓN 1	0	0	32544,17	0	0	0
44	CONFIGURACIÓN 1	0	0	32611,65	0	0	0
45	CONFIGURACIÓN 1	0	0	32630,92	0	0	0
46	CONFIGURACIÓN 1	0	0	32632,94	0	0	0
47	CONFIGURACIÓN 1	0	0	32631,83	0	0	0
48	CONFIGURACIÓN 1	0	0	32617,29	0	0	0
49	CONFIGURACIÓN 1	0	0	32559,34	0	0	0
50	CONFIGURACIÓN 1	0	0	32447,56	0	0	0
51	CONFIGURACIÓN 1	0	0	32425,7	0	0	0
52	CONFIGURACIÓN 1	0	0	33017,89	0	0	0
53	CONFIGURACIÓN 1	0	0	35072	0	0	0
54	CONFIGURACIÓN 1	0	0	38233,65	0	0	0
55	CONFIGURACIÓN 1	0	0	36682,7	0	0	0
56	CONFIGURACIÓN 1	0	0	33815,27	0	0	0
57	CONFIGURACIÓN 1	0	0	32806,77	0	0	0
58	CONFIGURACIÓN 1	0	0	33227,41	0	0	0
59	CONFIGURACIÓN 1	0	0	33945,08	0	0	0
60	CONFIGURACIÓN 1	0	0	34269,14	0	0	0
61	CONFIGURACIÓN 1	0	0	34325,45	0	0	0
62	CONFIGURACIÓN 1	0	0	34300,9	0	0	0
63	CONFIGURACIÓN 1	0	0	34276,7	0	0	0
64	CONFIGURACIÓN 1	0	0	34267,88	0	0	0
65	CONFIGURACIÓN 1	0	0	34275,65	0	0	0
66	CONFIGURACIÓN 1	0	0	34307,23	0	0	0
67	CONFIGURACIÓN 1	0	0	34356,68	0	0	0
68	CONFIGURACIÓN 1	0	0	34333,87	0	0	0
69	CONFIGURACIÓN 1	0	0	33969,89	0	0	0
70	CONFIGURACIÓN 1	0	0	32923,79	0	0	0
71	CONFIGURACIÓN 1	0	0	37151,45	0	0	0
72	CONFIGURACIÓN 1	0	0	32746,86	0	0	0
73	CONFIGURACIÓN 1	0	0	33784,7	0	0	0
74	CONFIGURACIÓN 1	0	0	34847,79	0	0	0
75	CONFIGURACIÓN 1	0	0	37095,1	0	0	0
76	CONFIGURACIÓN 1	0	0	40128,72	0	0	0
77	CONFIGURACIÓN 1	0	0	38019,48	0	0	0
78	CONFIGURACIÓN 1	0	0	35281,78	0	0	0

79	CONFIGURACIÓN 1	0	0	34193,25	0	0	0
80	CONFIGURACIÓN 1	0	0	34058,58	0	0	0
81	CONFIGURACIÓN 1	0	0	34168,37	0	0	0
82	CONFIGURACIÓN 1	0	0	34251,22	0	0	0
83	CONFIGURACIÓN 1	0	0	34278,1	0	0	0
84	CONFIGURACIÓN 1	0	0	34278,84	0	0	0
85	CONFIGURACIÓN 1	0	0	34274,67	0	0	0
86	CONFIGURACIÓN 1	0	0	34272,16	0	0	0
87	CONFIGURACIÓN 1	0	0	34271,46	0	0	0
88	CONFIGURACIÓN 1	0	0	34271,99	0	0	0
89	CONFIGURACIÓN 1	0	0	34274,16	0	0	0
90	CONFIGURACIÓN 1	0	0	34278,06	0	0	0
91	CONFIGURACIÓN 1	0	0	34278,51	0	0	0
92	CONFIGURACIÓN 1	0	0	34257,16	0	0	0
93	CONFIGURACIÓN 1	0	0	34185,25	0	0	0
94	CONFIGURACIÓN 1	0	0	34078,19	0	0	0
95	CONFIGURACIÓN 1	0	0	34156,81	0	0	0
96	CONFIGURACIÓN 1	0	0	35047,1	0	0	0
97	CONFIGURACIÓN 1	0	0	37473,2	0	0	0
98	CONFIGURACIÓN 1	0	0	40075,27	0	0	0
99	CONFIGURACIÓN 1	0	0	36196,84	0	0	0
100	CONFIGURACIÓN 1	0	0	36652,45	0	0	0
101	CONFIGURACIÓN 1	0	0	34204,92	0	0	0
102	CONFIGURACIÓN 1	0	0	33865,4	0	0	0
103	CONFIGURACIÓN 1	0	0	34075,57	0	0	0
104	CONFIGURACIÓN 1	0	0	34235,64	0	0	0
105	CONFIGURACIÓN 1	0	0	34284,2	0	0	0
106	CONFIGURACIÓN 1	0	0	34283,86	0	0	0
107	CONFIGURACIÓN 1	0	0	34276,23	0	0	0
108	CONFIGURACIÓN 1	0	0	34272,82	0	0	0
109	CONFIGURACIÓN 1	0	0	34272,85	0	0	0
110	CONFIGURACIÓN 1	0	0	34272,5	0	0	0
111	CONFIGURACIÓN 1	0	0	34265,75	0	0	0
112	CONFIGURACIÓN 1	0	0	34246,76	0	0	0
113	CONFIGURACIÓN 1	0	0	34229,37	0	0	0
114	CONFIGURACIÓN 1	0	0	34294,71	0	0	0
115	CONFIGURACIÓN 1	0	0	34618,38	0	0	0
116	CONFIGURACIÓN 1	0	0	35253,51	0	0	0
117	CONFIGURACIÓN 1	0	0	35250,66	0	0	0
118	CONFIGURACIÓN 1	0	0	31182,24	0	0	0
119	CONFIGURACIÓN 1	0	0	17967,85	0	0	0
133	CONFIGURACIÓN 1	0	0	20475,58	0	0	0

TABLE: Joint Displacements							
Joint	OutputCase	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	Text	mm	mm	mm	Radians	Radians	Radians
1	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,264111	0	0,000354	0
2	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,434276	0	0,000192	0
3	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,497146	0	0,00005	0
4	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,504157	0	-3,751E-06	0
5	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,497518	0	-0,000012	0
6	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,489696	0	-0,000018	0
7	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,473953	0	-0,000041	0
8	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,440382	0	-0,000064	0
9	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,408889	0	8,682E-06	0
10	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,445115	0	0,000064	0
11	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,476668	0	0,000036	0
12	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,488736	0	9,795E-06	0
13	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,490113	0	-8,302E-07	0
14	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,48872	0	-2,285E-06	0
15	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,487643	0	-0,0000012	0
16	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,487262	0	-2,86E-07	0
17	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,487239	0	6,189E-08	0
18	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,487301	0	8,88E-08	0
19	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,487331	0	-2,354E-08	0
20	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,487262	0	-2,389E-07	0
21	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,487043	0	-4,587E-07	0
22	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,48677	0	-1,287E-07	0
23	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,48709	0	2,086E-06	0
24	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,489609	0	7,445E-06	0
25	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,496014	0	0,000013	0
26	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,502985	0	4,55E-07	0
27	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,49105	0	-0,00002	0
28	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,483228	0	2,023E-06	0
29	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,495643	0	0,000045	0
30	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,535555	0	0,000076	0
31	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,566647	0	-0,000027	0
32	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,521502	0	-0,000072	0
33	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,488839	0	-0,000035	0
34	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,478558	0	-6,986E-06	0
35	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,478434	0	2,069E-06	0
36	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,480099	0	2,312E-06	0
37	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,481033	0	9,175E-07	0
38	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,481263	0	1,127E-07	0
39	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,481232	0	-9,392E-08	0
40	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,481175	0	-7,273E-08	0
41	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,481147	0	-2,574E-08	0
42	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,481142	0	5,998E-09	0
43	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,481155	0	4,335E-08	0

44	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,481196	0	9,233E-08	0
45	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,481257	0	5,753E-08	0
46	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,481225	0	-3,505E-07	0
47	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,48076	0	-1,477E-06	0
48	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,479441	0	-2,719E-06	0
49	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,477912	0	-7,659E-08	0
50	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,48077	0	0,000016	0
51	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,499119	0	0,000052	0
52	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,54178	0	0,000075	0
53	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,564189	0	-0,000042	0
54	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,517015	0	-0,000071	0
55	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,486253	0	-0,000032	0
56	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,477886	0	-2,591E-06	0
57	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,481683	0	0,000013	0
58	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,492394	0	0,00002	0
59	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,502305	0	0,000011	0
60	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,50598	0	2,916E-06	0
61	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,506362	0	-2,675E-07	0
62	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,505938	0	-8,447E-07	0
63	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,505357	0	-1,341E-06	0
64	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,504272	0	-2,367E-06	0
65	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,502733	0	-1,363E-06	0
66	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,50366	0	9,229E-06	0
67	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,515764	0	0,000038	0
68	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,549656	0	0,000069	0
69	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,588025	0	-1,112E-06	0
70	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,536786	0	-0,000107	0
71	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,480495	0	-0,000044	0
72	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,48355	0	0,00002	0
73	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,496831	0	0,000017	0
74	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,502403	0	4,511E-06	0
75	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,503682	0	5,975E-06	0
76	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,512005	0	0,00003	0
77	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,541403	0	0,000068	0
78	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,586718	0	0,000039	0
79	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,562765	0	-0,000074	0
80	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,523752	0	-0,000034	0
81	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,525722	0	0,00004	0
82	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,567263	0	0,000073	0
83	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,584017	0	-0,000049	0
84	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,537913	0	-0,000067	0
85	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,510005	0	-0,000028	0
86	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,502493	0	-4,216E-06	0
87	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,503097	0	2,494E-06	0
88	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,504732	0	2,149E-06	0
89	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,505562	0	7,375E-07	0

90	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,505641	0	-4,476E-07	0
91	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,505003	0	-1,844E-06	0
92	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,503472	0	-2,825E-06	0
93	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,502165	0	1,369E-06	0
94	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,506754	0	0,000021	0
95	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,529303	0	0,00006	0
96	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,575325	0	0,00007	0
97	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,582226	0	-0,000063	0
98	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,530934	0	-0,000076	0
99	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,496469	0	-0,000038	0
100	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,48691	0	0,000018	0
101	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,508784	0	-0,000014	0
102	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,468007	0	-0,000067	0
103	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,437724	0	-0,000032	0
104	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,428692	0	-5,774E-06	0
105	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,428834	0	2,063E-06	0
106	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,43032	0	1,955E-06	0
107	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,431055	0	6,776E-07	0
108	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,431202	0	5,094E-08	0
109	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,431169	0	-7,809E-08	0
110	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,431118	0	-1,173E-07	0
111	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,431014	0	-2,867E-07	0
112	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,430773	0	-4,608E-07	0
113	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,430557	0	2,553E-07	0
114	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,43138	0	3,779E-06	0
115	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,435451	0	0,000011	0
116	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,44344	0	0,000011	0
117	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,443405	0	-0,000034	0
118	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,392229	0	-0,000178	0
119	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,226011	0	-0,000361	0
120	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,471286	0	0,000059	0
121	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,501298	0	0,000019	0
122	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,499683	0	0,000018	0
123	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,484789	0	-9,574E-06	0
124	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,516729	0	-0,000047	0
125	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,521468	0	0,00005	0
126	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,530919	0	-0,000067	0
127	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,613316	0	-0,00000996	0
128	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,608569	0	-0,000012	0
129	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,605376	0	0,000016	0
130	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,58292	0	-0,000018	0
131	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,593249	0	-6,231E-06	0
132	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,577657	0	-0,000017	0
133	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,409602	0	-0,00000383	0
134	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,430701	0	0,000055	0
135	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,497503	0	0,000013	0

136	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,49343	0	-0,00002	0
137	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,492892	0	-0,000011	0
138	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,484738	0	9,311E-06	0
139	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,517312	0	4,023E-06	0
140	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,606147	0	-3,317E-06	0
141	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,604259	0	-0,000032	0
142	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,609777	0	-0,000033	0
143	CONFIGURACIÓN 2	0	0	-0,510856	0	-0,000015	0

TABLE: Joint Reactions							
Joint	OutputCase	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	N	N	N	N-mm	N-mm	N-mm
1	CONFIGURACIÓN 2	0	0	14922,28	0	0	0
2	CONFIGURACIÓN 2	0	0	24536,61	0	0	0
3	CONFIGURACIÓN 2	0	0	28088,74	0	0	0
4	CONFIGURACIÓN 2	0	0	28484,88	0	0	0
5	CONFIGURACIÓN 2	0	0	28109,74	0	0	0
6	CONFIGURACIÓN 2	0	0	27667,82	0	0	0
7	CONFIGURACIÓN 2	0	0	26778,35	0	0	0
8	CONFIGURACIÓN 2	0	0	24881,57	0	0	0
9	CONFIGURACIÓN 2	0	0	23102,25	0	0	0
10	CONFIGURACIÓN 2	0	0	25148,99	0	0	0
11	CONFIGURACIÓN 2	0	0	26931,74	0	0	0
12	CONFIGURACIÓN 2	0	0	27613,61	0	0	0
13	CONFIGURACIÓN 2	0	0	27691,39	0	0	0
14	CONFIGURACIÓN 2	0	0	27612,67	0	0	0
15	CONFIGURACIÓN 2	0	0	27551,8	0	0	0
16	CONFIGURACIÓN 2	0	0	27530,28	0	0	0
17	CONFIGURACIÓN 2	0	0	27529	0	0	0
18	CONFIGURACIÓN 2	0	0	27532,53	0	0	0
19	CONFIGURACIÓN 2	0	0	27534,18	0	0	0
20	CONFIGURACIÓN 2	0	0	27530,32	0	0	0
21	CONFIGURACIÓN 2	0	0	27517,95	0	0	0
22	CONFIGURACIÓN 2	0	0	27502,53	0	0	0
23	CONFIGURACIÓN 2	0	0	27520,6	0	0	0
24	CONFIGURACIÓN 2	0	0	27662,93	0	0	0
25	CONFIGURACIÓN 2	0	0	28024,79	0	0	0
26	CONFIGURACIÓN 2	0	0	28418,64	0	0	0
27	CONFIGURACIÓN 2	0	0	33293,18	0	0	0
28	CONFIGURACIÓN 2	0	0	32762,83	0	0	0
29	CONFIGURACIÓN 2	0	0	33604,58	0	0	0
30	CONFIGURACIÓN 2	0	0	36310,66	0	0	0
31	CONFIGURACIÓN 2	0	0	38418,69	0	0	0
32	CONFIGURACIÓN 2	0	0	35357,82	0	0	0
33	CONFIGURACIÓN 2	0	0	33143,27	0	0	0

34	CONFIGURACIÓN 2	0	0	32446,23	0	0	0
35	CONFIGURACIÓN 2	0	0	32437,81	0	0	0
36	CONFIGURACIÓN 2	0	0	32550,74	0	0	0
37	CONFIGURACIÓN 2	0	0	32614,03	0	0	0
38	CONFIGURACIÓN 2	0	0	32629,66	0	0	0
39	CONFIGURACIÓN 2	0	0	32627,53	0	0	0
40	CONFIGURACIÓN 2	0	0	32623,66	0	0	0
41	CONFIGURACIÓN 2	0	0	32621,8	0	0	0
42	CONFIGURACIÓN 2	0	0	32621,46	0	0	0
43	CONFIGURACIÓN 2	0	0	32622,33	0	0	0
44	CONFIGURACIÓN 2	0	0	32625,07	0	0	0
45	CONFIGURACIÓN 2	0	0	32629,23	0	0	0
46	CONFIGURACIÓN 2	0	0	32627,05	0	0	0
47	CONFIGURACIÓN 2	0	0	32595,52	0	0	0
48	CONFIGURACIÓN 2	0	0	32506,07	0	0	0
49	CONFIGURACIÓN 2	0	0	32402,45	0	0	0
50	CONFIGURACIÓN 2	0	0	32596,23	0	0	0
51	CONFIGURACIÓN 2	0	0	33840,26	0	0	0
52	CONFIGURACIÓN 2	0	0	36732,66	0	0	0
53	CONFIGURACIÓN 2	0	0	38252,03	0	0	0
54	CONFIGURACIÓN 2	0	0	35053,62	0	0	0
55	CONFIGURACIÓN 2	0	0	32967,93	0	0	0
56	CONFIGURACIÓN 2	0	0	32400,7	0	0	0
57	CONFIGURACIÓN 2	0	0	32658,1	0	0	0
58	CONFIGURACIÓN 2	0	0	33384,3	0	0	0
59	CONFIGURACIÓN 2	0	0	34056,31	0	0	0
60	CONFIGURACIÓN 2	0	0	34305,45	0	0	0
61	CONFIGURACIÓN 2	0	0	34331,34	0	0	0
62	CONFIGURACIÓN 2	0	0	34302,56	0	0	0
63	CONFIGURACIÓN 2	0	0	34263,2	0	0	0
64	CONFIGURACIÓN 2	0	0	34189,64	0	0	0
65	CONFIGURACIÓN 2	0	0	34085,31	0	0	0
66	CONFIGURACIÓN 2	0	0	34148,17	0	0	0
67	CONFIGURACIÓN 2	0	0	34968,8	0	0	0
68	CONFIGURACIÓN 2	0	0	37266,65	0	0	0
69	CONFIGURACIÓN 2	0	0	39868,07	0	0	0
70	CONFIGURACIÓN 2	0	0	36394,12	0	0	0
71	CONFIGURACIÓN 2	0	0	38199,37	0	0	0
72	CONFIGURACIÓN 2	0	0	32784,71	0	0	0
73	CONFIGURACIÓN 2	0	0	33685,15	0	0	0
74	CONFIGURACIÓN 2	0	0	34062,92	0	0	0
75	CONFIGURACIÓN 2	0	0	34149,63	0	0	0
76	CONFIGURACIÓN 2	0	0	34713,97	0	0	0
77	CONFIGURACIÓN 2	0	0	36707,13	0	0	0
78	CONFIGURACIÓN 2	0	0	39779,49	0	0	0
79	CONFIGURACIÓN 2	0	0	38155,46	0	0	0

80	CONFIGURACIÓN 2	0	0	35510,4	0	0	0
81	CONFIGURACIÓN 2	0	0	35643,98	0	0	0
82	CONFIGURACIÓN 2	0	0	38460,4	0	0	0
83	CONFIGURACIÓN 2	0	0	39596,34	0	0	0
84	CONFIGURACIÓN 2	0	0	36470,48	0	0	0
85	CONFIGURACIÓN 2	0	0	34578,35	0	0	0
86	CONFIGURACIÓN 2	0	0	34069,01	0	0	0
87	CONFIGURACIÓN 2	0	0	34109,99	0	0	0
88	CONFIGURACIÓN 2	0	0	34220,84	0	0	0
89	CONFIGURACIÓN 2	0	0	34277,12	0	0	0
90	CONFIGURACIÓN 2	0	0	34282,48	0	0	0
91	CONFIGURACIÓN 2	0	0	34239,17	0	0	0
92	CONFIGURACIÓN 2	0	0	34135,43	0	0	0
93	CONFIGURACIÓN 2	0	0	34046,81	0	0	0
94	CONFIGURACIÓN 2	0	0	34357,93	0	0	0
95	CONFIGURACIÓN 2	0	0	35886,72	0	0	0
96	CONFIGURACIÓN 2	0	0	39007,03	0	0	0
97	CONFIGURACIÓN 2	0	0	39474,9	0	0	0
98	CONFIGURACIÓN 2	0	0	35997,34	0	0	0
99	CONFIGURACIÓN 2	0	0	33660,62	0	0	0
100	CONFIGURACIÓN 2	0	0	38709,36	0	0	0
101	CONFIGURACIÓN 2	0	0	40448,31	0	0	0
102	CONFIGURACIÓN 2	0	0	37206,55	0	0	0
103	CONFIGURACIÓN 2	0	0	34799,05	0	0	0
104	CONFIGURACIÓN 2	0	0	34081,05	0	0	0
105	CONFIGURACIÓN 2	0	0	34092,32	0	0	0
106	CONFIGURACIÓN 2	0	0	34210,4	0	0	0
107	CONFIGURACIÓN 2	0	0	34268,86	0	0	0
108	CONFIGURACIÓN 2	0	0	34280,57	0	0	0
109	CONFIGURACIÓN 2	0	0	34277,95	0	0	0
110	CONFIGURACIÓN 2	0	0	34273,88	0	0	0
111	CONFIGURACIÓN 2	0	0	34265,65	0	0	0
112	CONFIGURACIÓN 2	0	0	34246,49	0	0	0
113	CONFIGURACIÓN 2	0	0	34229,25	0	0	0
114	CONFIGURACIÓN 2	0	0	34294,69	0	0	0
115	CONFIGURACIÓN 2	0	0	34618,39	0	0	0
116	CONFIGURACIÓN 2	0	0	35253,52	0	0	0
117	CONFIGURACIÓN 2	0	0	35250,66	0	0	0
118	CONFIGURACIÓN 2	0	0	31182,24	0	0	0
119	CONFIGURACIÓN 2	0	0	17967,85	0	0	0
133	CONFIGURACIÓN 2	0	0	23142,49	0	0	0

TABLE: Joint Displacements							
Joint	OutputCase	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	Text	mm	mm	mm	Radians	Radians	Radians
1	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,25773	0	0,00036	0
2	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,4328	0	0,000209	0
3	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,51299	0	0,0001	0
4	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,56176	0	0,000078	0
5	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,59902	0	-0,000015	0
6	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,5439	0	-0,000109	0
7	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,47895	0	-0,000105	0
8	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,41966	0	-0,000081	0
9	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,39946	0	0,000083	0
10	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,47284	0	0,000069	0
11	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,49319	0	0,000014	0
12	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,49345	0	-4,31E-06	0
13	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,48989	0	-5,07E-06	0
14	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,48776	0	-2,15E-06	0
15	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,4872	0	-2,96E-07	0
16	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,48724	0	-7,6E-09	0
17	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,48706	0	-9,39E-07	0
18	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,48604	0	-2,53E-06	0
19	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,48422	0	-2,32E-06	0
20	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,4842	0	6,678E-06	0
21	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,49423	0	0,000034	0
22	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,52677	0	0,000075	0
23	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,57735	0	0,000054	0
24	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,56227	0	-0,00007	0
25	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,52334	0	-0,000033	0
26	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,52611	0	0,000032	0
27	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,5523	0	0,000052	0
28	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,56547	0	-0,000051	0
29	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,51624	0	-0,000072	0
30	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,48615	0	-0,000031	0
31	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,47797	0	-4,66E-06	0
32	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,47858	0	2,637E-06	0
33	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,48032	0	2,299E-06	0
34	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,48121	0	8,122E-07	0
35	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,48133	0	-3,62E-07	0
36	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,48076	0	-1,68E-06	0
37	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,47934	0	-2,75E-06	0
38	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,47794	0	6,323E-07	0
39	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,48159	0	0,000018	0
40	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,50163	0	0,000055	0
41	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,54502	0	0,000071	0
42	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,55857	0	-0,000054	0
43	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,51161	0	-0,00006	0

44	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,49462	0	8,891E-06	0
45	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,52137	0	0,000069	0
46	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,56592	0	0,000019	0
47	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,53188	0	-0,000073	0
48	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,49417	0	-0,000044	0
49	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,47973	0	-0,000012	0
50	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,47819	0	1,06E-06	0
51	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,47982	0	2,604E-06	0
52	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,481	0	1,229E-06	0
53	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,48128	0	-2,39E-07	0
54	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,48071	0	-1,76E-06	0
55	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,47922	0	-2,74E-06	0
56	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,47796	0	1,333E-06	0
57	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,4824	0	0,00002	0
58	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,50419	0	0,000058	0
59	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,54869	0	0,000083	0
60	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,59186	0	1,186E-07	0
61	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,55002	0	-0,000071	0
62	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,5199	0	-0,000015	0
63	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,5331	0	0,000055	0
64	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,57944	0	0,000061	0
65	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,57353	0	-0,000067	0
66	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,52927	0	-0,000057	0
67	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,50799	0	-0,00002	0
68	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,5031	0	-5,47E-06	0
69	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,49894	0	-0,000014	0
70	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,4852	0	-0,000029	0
71	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,46843	0	4,366E-07	0
72	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,48574	0	0,00003	0
73	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,50015	0	0,000015	0
74	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,50393	0	1,613E-06	0
75	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,50372	0	3,581E-06	0
76	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,51054	0	0,000027	0
77	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,538	0	0,000066	0
78	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,58397	0	0,000049	0
79	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,56722	0	-0,000073	0
80	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,52571	0	-0,00004	0
81	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,52377	0	0,000034	0
82	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,5628	0	0,000074	0
83	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,58673	0	-0,000039	0
84	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,54122	0	-0,000069	0
85	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,51136	0	-0,000031	0
86	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,50268	0	-5,4E-06	0
87	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,50297	0	2,317E-06	0
88	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,50463	0	2,251E-06	0
89	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,50553	0	8,4E-07	0

90	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,50566	0	-3,5E-07	0
91	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,50509	0	-1,72E-06	0
92	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,50362	0	-2,83E-06	0
93	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,50218	0	6,313E-07	0
94	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,50592	0	0,000019	0
95	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,52651	0	0,000056	0
96	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,5712	0	0,000073	0
97	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,58563	0	-0,000056	0
98	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,53384	0	-0,00008	0
99	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,49601	0	-0,000044	0
100	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,48359	0	0,000016	0
101	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,50758	0	1,824E-06	0
102	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,4721	0	-0,000068	0
103	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,43956	0	-0,000036	0
104	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,42898	0	-7,36E-06	0
105	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,4287	0	1,821E-06	0
106	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,43022	0	2,126E-06	0
107	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,43108	0	8,637E-07	0
108	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,4313	0	2,311E-08	0
109	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,43111	0	-8,21E-07	0
110	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,43026	0	-2,16E-06	0
111	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,42866	0	-2,15E-06	0
112	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,4286	0	6,486E-06	0
113	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,43854	0	0,000035	0
114	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,47122	0	0,000072	0
115	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,51401	0	0,000011	0
116	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,48335	0	-0,000057	0
117	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,45151	0	-0,000068	0
118	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,39002	0	-0,000185	0
119	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,22275	0	-0,000362	0
120	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,49645	0	0,000046	0
121	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,55701	0	-0,000057	0
122	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,5387	0	-0,000093	0
123	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,48148	0	-9,67E-06	0
124	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,49002	0	0,000012	0
125	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,51969	0	0,000047	0
126	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,53369	0	-0,000072	0
127	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,61139	0	5,555E-06	0
128	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,60618	0	3,232E-06	0
129	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,60421	0	0,000032	0
130	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,49091	0	-0,000014	0
131	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,50187	0	-5,65E-06	0
132	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,48451	0	-0,000021	0
133	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,3966	0	0,000065	0
134	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,45192	0	0,000119	0
135	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,6002	0	0,000014	0

136	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,58574	0	-0,000031	0
137	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,5837	0	-0,000017	0
138	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,57204	0	0,000015	0
139	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,61057	0	0,000011	0
140	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,60852	0	0,000012	0
141	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,6054	0	-0,000016	0
142	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,61138	0	-0,000017	0
143	CONFIGURACIÓN 3	0	0	-0,51319	0	9,761E-07	0

TABLE: Joint Reactions

Joint	OutputCase	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	N	N	N	N-mm	N-mm	N-mm
1	CONFIGURACIÓN 3	0	0	14562	0	0	0
2	CONFIGURACIÓN 3	0	0	24453	0	0	0
3	CONFIGURACIÓN 3	0	0	28984	0	0	0
4	CONFIGURACIÓN 3	0	0	31740	0	0	0
5	CONFIGURACIÓN 3	0	0	33845	0	0	0
6	CONFIGURACIÓN 3	0	0	30730	0	0	0
7	CONFIGURACIÓN 3	0	0	27060	0	0	0
8	CONFIGURACIÓN 3	0	0	23711	0	0	0
9	CONFIGURACIÓN 3	0	0	22569	0	0	0
10	CONFIGURACIÓN 3	0	0	26715	0	0	0
11	CONFIGURACIÓN 3	0	0	27865	0	0	0
12	CONFIGURACIÓN 3	0	0	27880	0	0	0
13	CONFIGURACIÓN 3	0	0	27679	0	0	0
14	CONFIGURACIÓN 3	0	0	27559	0	0	0
15	CONFIGURACIÓN 3	0	0	27527	0	0	0
16	CONFIGURACIÓN 3	0	0	27529	0	0	0
17	CONFIGURACIÓN 3	0	0	27519	0	0	0
18	CONFIGURACIÓN 3	0	0	27461	0	0	0
19	CONFIGURACIÓN 3	0	0	27358	0	0	0
20	CONFIGURACIÓN 3	0	0	27357	0	0	0
21	CONFIGURACIÓN 3	0	0	27924	0	0	0
22	CONFIGURACIÓN 3	0	0	29762	0	0	0
23	CONFIGURACIÓN 3	0	0	32620	0	0	0
24	CONFIGURACIÓN 3	0	0	31768	0	0	0
25	CONFIGURACIÓN 3	0	0	29569	0	0	0
26	CONFIGURACIÓN 3	0	0	29725	0	0	0
27	CONFIGURACIÓN 3	0	0	37446	0	0	0
28	CONFIGURACIÓN 3	0	0	38339	0	0	0
29	CONFIGURACIÓN 3	0	0	35001	0	0	0
30	CONFIGURACIÓN 3	0	0	32961	0	0	0
31	CONFIGURACIÓN 3	0	0	32406	0	0	0
32	CONFIGURACIÓN 3	0	0	32447	0	0	0
33	CONFIGURACIÓN 3	0	0	32566	0	0	0

34	CONFIGURACIÓN 3	0	0	32626	0	0	0
35	CONFIGURACIÓN 3	0	0	32634	0	0	0
36	CONFIGURACIÓN 3	0	0	32596	0	0	0
37	CONFIGURACIÓN 3	0	0	32499	0	0	0
38	CONFIGURACIÓN 3	0	0	32404	0	0	0
39	CONFIGURACIÓN 3	0	0	32652	0	0	0
40	CONFIGURACIÓN 3	0	0	34010	0	0	0
41	CONFIGURACIÓN 3	0	0	36952	0	0	0
42	CONFIGURACIÓN 3	0	0	37871	0	0	0
43	CONFIGURACIÓN 3	0	0	34687	0	0	0
44	CONFIGURACIÓN 3	0	0	33535	0	0	0
45	CONFIGURACIÓN 3	0	0	35349	0	0	0
46	CONFIGURACIÓN 3	0	0	38369	0	0	0
47	CONFIGURACIÓN 3	0	0	36062	0	0	0
48	CONFIGURACIÓN 3	0	0	33505	0	0	0
49	CONFIGURACIÓN 3	0	0	32526	0	0	0
50	CONFIGURACIÓN 3	0	0	32421	0	0	0
51	CONFIGURACIÓN 3	0	0	32531	0	0	0
52	CONFIGURACIÓN 3	0	0	32612	0	0	0
53	CONFIGURACIÓN 3	0	0	32631	0	0	0
54	CONFIGURACIÓN 3	0	0	32592	0	0	0
55	CONFIGURACIÓN 3	0	0	32491	0	0	0
56	CONFIGURACIÓN 3	0	0	32406	0	0	0
57	CONFIGURACIÓN 3	0	0	32707	0	0	0
58	CONFIGURACIÓN 3	0	0	34184	0	0	0
59	CONFIGURACIÓN 3	0	0	37201	0	0	0
60	CONFIGURACIÓN 3	0	0	40128	0	0	0
61	CONFIGURACIÓN 3	0	0	37291	0	0	0
62	CONFIGURACIÓN 3	0	0	35250	0	0	0
63	CONFIGURACIÓN 3	0	0	36144	0	0	0
64	CONFIGURACIÓN 3	0	0	39286	0	0	0
65	CONFIGURACIÓN 3	0	0	38886	0	0	0
66	CONFIGURACIÓN 3	0	0	35885	0	0	0
67	CONFIGURACIÓN 3	0	0	34442	0	0	0
68	CONFIGURACIÓN 3	0	0	34110	0	0	0
69	CONFIGURACIÓN 3	0	0	33828	0	0	0
70	CONFIGURACIÓN 3	0	0	32896	0	0	0
71	CONFIGURACIÓN 3	0	0	37240	0	0	0
72	CONFIGURACIÓN 3	0	0	32933	0	0	0
73	CONFIGURACIÓN 3	0	0	33910	0	0	0
74	CONFIGURACIÓN 3	0	0	34166	0	0	0
75	CONFIGURACIÓN 3	0	0	34152	0	0	0
76	CONFIGURACIÓN 3	0	0	34614	0	0	0
77	CONFIGURACIÓN 3	0	0	36476	0	0	0
78	CONFIGURACIÓN 3	0	0	39593	0	0	0
79	CONFIGURACIÓN 3	0	0	38458	0	0	0

80	CONFIGURACIÓN 3	0	0	35643	0	0	0
81	CONFIGURACIÓN 3	0	0	35512	0	0	0
82	CONFIGURACIÓN 3	0	0	38158	0	0	0
83	CONFIGURACIÓN 3	0	0	39780	0	0	0
84	CONFIGURACIÓN 3	0	0	36695	0	0	0
85	CONFIGURACIÓN 3	0	0	34670	0	0	0
86	CONFIGURACIÓN 3	0	0	34081	0	0	0
87	CONFIGURACIÓN 3	0	0	34101	0	0	0
88	CONFIGURACIÓN 3	0	0	34214	0	0	0
89	CONFIGURACIÓN 3	0	0	34275	0	0	0
90	CONFIGURACIÓN 3	0	0	34284	0	0	0
91	CONFIGURACIÓN 3	0	0	34245	0	0	0
92	CONFIGURACIÓN 3	0	0	34146	0	0	0
93	CONFIGURACIÓN 3	0	0	34048	0	0	0
94	CONFIGURACIÓN 3	0	0	34301	0	0	0
95	CONFIGURACIÓN 3	0	0	35698	0	0	0
96	CONFIGURACIÓN 3	0	0	38727	0	0	0
97	CONFIGURACIÓN 3	0	0	39706	0	0	0
98	CONFIGURACIÓN 3	0	0	36195	0	0	0
99	CONFIGURACIÓN 3	0	0	33629	0	0	0
100	CONFIGURACIÓN 3	0	0	38445	0	0	0
101	CONFIGURACIÓN 3	0	0	40352	0	0	0
102	CONFIGURACIÓN 3	0	0	37532	0	0	0
103	CONFIGURACIÓN 3	0	0	34945	0	0	0
104	CONFIGURACIÓN 3	0	0	34104	0	0	0
105	CONFIGURACIÓN 3	0	0	34081	0	0	0
106	CONFIGURACIÓN 3	0	0	34202	0	0	0
107	CONFIGURACIÓN 3	0	0	34271	0	0	0
108	CONFIGURACIÓN 3	0	0	34288	0	0	0
109	CONFIGURACIÓN 3	0	0	34273	0	0	0
110	CONFIGURACIÓN 3	0	0	34206	0	0	0
111	CONFIGURACIÓN 3	0	0	34079	0	0	0
112	CONFIGURACIÓN 3	0	0	34074	0	0	0
113	CONFIGURACIÓN 3	0	0	34864	0	0	0
114	CONFIGURACIÓN 3	0	0	37462	0	0	0
115	CONFIGURACIÓN 3	0	0	40864	0	0	0
116	CONFIGURACIÓN 3	0	0	38427	0	0	0
117	CONFIGURACIÓN 3	0	0	35895	0	0	0
118	CONFIGURACIÓN 3	0	0	31006	0	0	0
119	CONFIGURACIÓN 3	0	0	17708	0	0	0
133	CONFIGURACIÓN 3	0	0	22408	0	0	0

Figura 5.1.13: Asientos debidos al paso de un convoy a 350 km/h para una transición proyectada para 350 km/h, sentido de vía en placa a vía sobre balasto.....	81
Figura 5.1.14: Asientos debidos al paso de un convoy a 350 km/h para una transición proyectada para 350 km/h, sentido de balasto a vía en placa	81
Figura 5.1.15: Asientos producidos por la simulación de una sucesión de tractoras a 360 km/h.	82
Figura 5.1.16: Traviesas afectadas. Asientos escala 1:2000.....	84